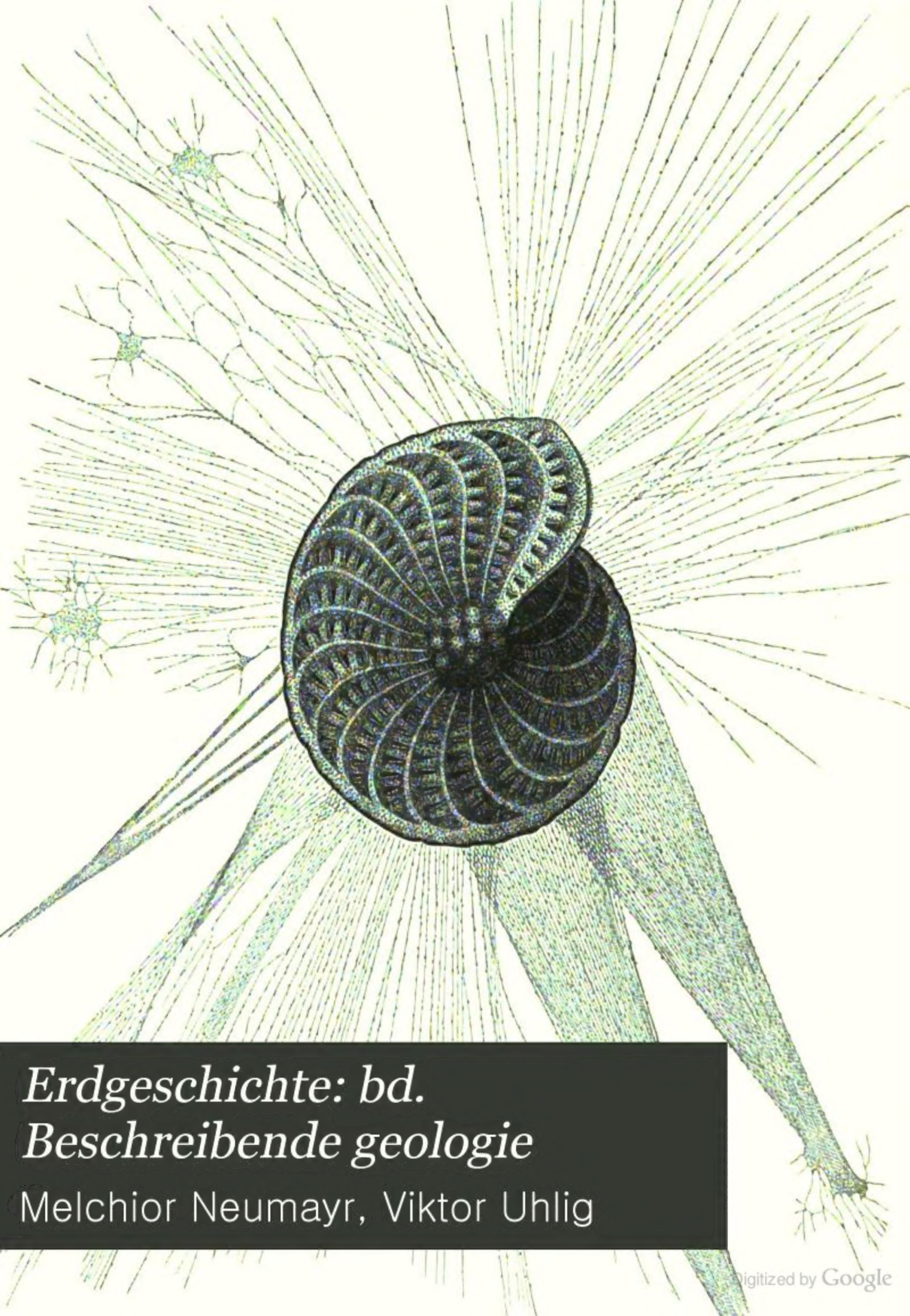

Erdgeschichte: bd. Beschreibende geologie
Melchior Neumayr, Viktor Uhlig

Erdgeschichte.

Zweiter Band.

Holzfreies Papier.

Erdgeschichte.

Von

Dr. Melchior Neumayr.

Zweiter Band.

Beschreibende Geologie.

Mit 581 Abbildungen im Text, 12 Aquarelltafeln und 2 Karten
von Th. Alphons, E. Heyn, O. Peters, K. Poschinger, E. v. Ransonnet, A. Swoboda u. a.

Leipzig.
Verlag des Bibliographischen Instituts.
1887.

Inhalts-Verzeichnis.

Beschreibende Geologie.

I. Historische Geologie.

II. Topographische Geologie.

Nutzbare Mineralien von Dr. Viktor Uhlig.

Illustrationen-Verzeichnis.

Aquarelltafeln.

Illustrationen im Text.

Beschreibende Geologie.

I. Historische Geologie.

1. Einleitung in die historische Geologie.

Inhalt: Geologische Altersbestimmung. — Geologische Formationen. — Paläontologische Methode der Altersbestimmung. — Lückenhaftigkeit der Überlieferung; Zonengliederung. — Die Fossilreste. — Physische Geographie früherer Perioden. — Feldgeologie.

Geologische Altersbestimmung.

Wir haben im ersten Bande die geologischen Vorgänge kennen gelernt, welche bildend, umgestaltend und zerstörend die Beschaffenheit der Erdrinde beeinflussen und in steter Wechselwirkung den Umfang und das Relief der Festländer, die Lage der Meeresbecken bestimmen. Wir haben ferner gesehen, wie die verschiedenen Gesteine sich bilden und im Laufe ungeheurer Zeiträume sich verändern. Es ist das die Grundlage, auf welcher die Geologie weiterzubauen im stande ist, und es erwächst ihr nun die Aufgabe, zu untersuchen, wie jene Vorgänge, deren Natur uns jetzt in ihren allgemeinen Zügen bekannt ist, sich in Wirklichkeit zugetragen haben. Wir müssen die einzelnen Abschnitte der Erdgeschichte kennen zu lernen suchen, wir müssen das Verhältnis von Meer und Festland in jedem derselben zu verfolgen trachten und die wichtigsten Umgestaltungen der Oberflächenverhältnisse verzeichnen. Eine lange Kette einzelner Phasen führt auf diese Weise Schritt für Schritt von einer frühen Urzeit mit ihren fremdartigen Verhältnissen allmählich zu der heutigen Entwickelung herüber, die wir als das endliche Ergebnis aller Veränderungen in der Vorzeit erkennen; es ist das die Aufgabe der historischen Geologie oder Stratigraphie (von stratum, die Schicht).

Indem wir uns dieser Aufgabe zuwenden, wird es notwendig, einen Gegenstand, der bisher nur beiläufig Erwähnung fand, eingehender zu betrachten, nämlich die Tier- und Pflanzenwelt der alten Perioden. Soll ein lebensvolles Bild des ehemaligen Zustandes unsers Planeten hervortreten, so dürfen wir nicht nur die toten Massen ins Auge fassen, sondern wir müssen auch die Bevölkerung des Meeres und des Festlandes kennen lernen. Wir begegnen zuerst einer Epoche, in welcher nur niederes Tierleben, teilweise von durchaus fremdartiger Form, existiert, allmählich gesellen sich Fische, später Amphibien hinzu; dann folgt ein langer Zeitraum, während dessen Reptilien in unglaublicher Mannigfaltigkeit Land und Meer bevölkerten und die Herren der Schöpfung waren. Diese gewaltigen Tiere nahmen jene Plätze ein, welche heute Säugetiere und Vögel im Haushalte der Natur besetzt halten. Mächtige Saurier schwammen im Ozeane wie heute die Walfische, riesige Tiere derselben Klasse belebten, teils auf allen vieren sich fortschleppend, teils auf

den Hinterbeinen wandelnd, die Wälder wie heute die großen Säugetiere in den Tropenregionen, und durch die Luft glitten, von ihren Flughäuten getragen, die eidechsenartigen Pterodaktylen, bizarre und über alle Beschreibung häßliche Geschöpfe.

Auch die Pflanzenwelt trug einen fremden Charakter; keine Blüte war noch vorhanden, Farnkräuter, Schachtelhalme, Bärlappgewächse und ihnen verwandte, aber heute ausgestorbene Typen, wie die Siegel- und Schuppenbäume, bildeten die Wälder. Später gesellten sich Nadelhölzer und Sagopalmen zu ihnen, aber noch immer fehlte es an blühenden Gewächsen. Diese erscheinen erst in einer verhältnismäßig späten Zeit, und bald darauf erfolgt ein überraschender Rückgang der Reptilien. An ihrer Stelle nehmen Säugetiere und Vögel schnell überhand, und mögen auch namentlich unter den erstern noch manche Formen fremdartig genug erscheinen, so ist doch der Hauptsache nach die Beschaffenheit der Tier- und Pflanzenwelt derjenigen ähnlich, welche wir heute in den äquatorialen Gegenden finden. Mehr und mehr nähert sich die Schöpfung in jeder Beziehung dem heutigen Zustande, zu welchem wir endlich durch eine ununterbrochene Kette von Erscheinungen geführt werden.

Die Betrachtung der ausgestorbenen Tier- und Pflanzenwelt liefert uns aber nicht nur die Staffage für die geologischen Bilder aus der Vorzeit, sie gibt uns auch das unentbehrliche Hilfsmittel für das Verständnis der alten Gesteinsbildungen und ihrer Aufeinanderfolge, für den Vergleich der geschichteten Massen in verschiedenen Gegenden an die Hand. Die Grundlage für alle Untersuchungen der historischen Geologie bildet die Lagerung der Gesteine; wenn wir an irgend einem Punkte eine Reihe aufeinander folgender Schichten entblößt sehen, so ist stets, von etwaigen Überkippungen oder Überschiebungen abgesehen, die oberste Bank die jüngste, die zu unterst liegende die älteste, wir erhalten auf diese Weise die Altersfolge der Schichten und der in ihnen enthaltenen Versteinerungen. Allein wenn auch diese Art der Untersuchung das Fundament aller historischen Geologie bildet, so bliebe unser Wissen doch sehr unvollständig, wenn nur dieser eine Weg offen stünde. Wir hätten eine Menge einzelner lokaler Schichtfolgen, die wir nicht miteinander vergleichen und verbinden könnten; niemals wäre es möglich, aus solchen Elementen eine allgemeine Auffassung und einen Einblick in die Gesetzmäßigkeit der Aufeinanderfolge zu gewinnen, zumal da kein Punkt auf der Erde bekannt ist, an welchem eine ununterbrochene und lückenlose Aufeinanderfolge von Ablagerungen aus allen einzelnen Abschnitten der Erdgeschichte vorhanden ist.

Wenn wir also eine möglichst vollständige Kenntnis der Aufeinanderfolge und für die einzelnen Abschnitte einen Überblick über die allgemeine Entwickelung erhalten wollen, so brauchen wir dazu Mittel, um räumlich voneinander getrennte Ablagerungen miteinander zu vergleichen. Wir müssen nach Merkmalen suchen, nach welchen die gleichalterigen Bildungen als zusammengehörig erkannt und von denjenigen andern Alters unterschieden werden können. Man verwendet hierzu vor allem das Vorkommen fossiler Organismenreste; man hat sich überzeugt, daß die Ordnung, in welcher die einzelnen Tier- und Pflanzenschöpfungen aufeinander folgen, in verschiedenen Gegenden in der Hauptsache dieselbe ist, und man schließt daher unter gewissen Voraussetzungen aus übereinstimmenden Versteinerungen auf gleiches, aus nicht übereinstimmenden Versteinerungen auf abweichendes Alter der Schichten.

Wir werden über den Wert dieser Methoden zum Vergleiche räumlich getrennter Ablagerungen und über die Art und Weise ihrer Anwendung noch eingehend sprechen; hier ist zunächst nur von Bedeutung, daß man auf diesem Wege die den gleichen Abschnitten der Erdgeschichte angehörigen Ablagerungen an entfernten Punkten wiedererkennen und so alle die einzelnen lokalen Vorkommnisse miteinander vergleichen kann. Haben wir auch an keinem Orte eine vollständige Aufeinanderfolge aller Horizonte, so ergänzen sich doch

die einzelnen Vorkommnisse gegenseitig, so daß man in dieser Weise eine ideale Reihenfolge der Ablagerungen von den ältesten Zeiten bis auf den heutigen Tag kombinieren kann, ein System der Ablagerungen, in welches alle beliebigen Gebilde eingepaßt werden können. Man unterscheidet vier große Hauptperioden, welche dann wieder in wenige große Abschnitte geteilt werden. Für diese letztern hat sich die allerdings nicht sehr passend gewählte Bezeichnung Formation eingebürgert. Dieselbe ist jetzt allgemein im Gebrauche und in der Entwickelung des geologischen Wissens historisch begründet, so daß es entschieden zu mißbilligen ist, wenn man in neuester Zeit diesen Namen zu verdrängen und durch „System" zu ersetzen gesucht hat. Solche Neuerungsversuche in an sich gleichgültigen und rein formellen Dingen sind nur dazu geeignet, Verwirrung und Mißverständnisse zu veranlassen, und die Wahl des Ausdruckes „System" muß bei dessen Vieldeutigkeit als ganz besonders unglücklich bezeichnet werden[1].

Geologische Formationen.

Die ganze Reihenfolge der Ablagerungen, wie sie jetzt in der Regel angenommen wird, ist folgende:

IV. Känozoische Periode.	III. Mesozoische Periode.	II. Paläozoische Periode.	I. Archäische Periode[2].
11) Jetztzeit.	8) Kreideformation.	5) Permformation.	
10) Quartärformation oder Diluvium.	7) Juraformation.	4) Kohlenformation.	
9) Tertiärformation.	6) Triasformation.	3) Devonformation.	
		2) Silurformation.	
		1) Kambrische Formation.	

Die eigentliche Grundlage dieser Einteilung bildet die geologische Formation. Wir müssen uns daher zunächst mit ihr beschäftigen und untersuchen, was eine solche Formation denn eigentlich ist. Daß man so die elf Hauptabschnitte der versteinerungsführenden Schichtreihe bezeichnet, ist doch nur eine sehr äußerliche Bestimmung des Begriffes, die über das Wesen der Sache sehr wenig Aufschluß gibt, und mit Recht wird man Auskunft verlangen, wie es kommt, daß gerade diese Art der Einteilung gewählt wurde, durch was die Zusammengehörigkeit der Glieder einer Formation und ihre Verschiedenheit von ältern und jüngern Gebilden erwiesen wird, mit Einem Worte, was denn das Wesen einer geologischen Formation ist.

Leider sind wir damit überfragt, und über den letzten, wichtigsten Punkt ist die Wissenschaft heute noch nicht im stande, eine befriedigende Auskunft zu geben. Im vorigen Jahrhundert teilten Füchsel und Lehmann die Ablagerungen der mitteldeutschen Gebirge in Formationen ein, und von ihnen übernahm Werner, der Vater der Geologie, diesen Begriff. Nach seiner Ansicht war einst in der Vorzeit alles Material, welches heute die geschichteten Ablagerungen bildet, im Meerwasser gelöst oder schwebend suspendiert, und diese festen Teile schieden sich dann allmählich aus, indem sie nach Maßgabe ihrer Schwere der Reihe nach zu Boden sanken. Dieser Prozeß sollte gleichmäßig über die ganze Erde stattgefunden haben, so daß überall dieselben Schichtgesteine in derselben Reihenfolge auftreten. So kam es, daß Werner der Ansicht war, die im Bereiche des Erzgebirges beobachteten Gesteinsformationen oder Bildungen, z. B. die Formation des ältern und jüngern

---

[1] So kann z. B. das Wort „Jurasystem" den betreffenden Abschnitt der Erdgeschichte ebensogut wie das tektonische System des Juragebirges bedeuten.

[2] Über Bedeutung und Ursprung der einzelnen Ausdrücke vgl. Bd. I, S. 33.

Flözkalkes, des toten Liegenden rc., könnten in gleichmäßiger Entwickelung über die ganze Erde verfolgt werden. Da es sich aber bald herausstellte, daß diese Klassifikation nicht für alle Vorkommnisse ausreiche, so wurden noch einige eingeschoben, z. B. die Formation des Jurakalkes, die Silur-, die Devonformation und andre, während manche der Wernerschen Abteilungen, denen keine hinreichende Wichtigkeit zuzukommen schien, zu einer größern Einheit zusammengezogen wurden.

Beim Fortschreiten der Geologie konnte es nicht lange verborgen bleiben, daß Werners Auffassung und Einteilung vielfach auf falschen Voraussetzungen beruhen. Man gab aber sein System nicht auf, sondern suchte es besser zu begründen und umzuformen. Dabei war in erster Linie für dieses Bestreben maßgebend, daß man nun dem Vorkommen der Versteinerungen in den verschiedenen Ablagerungen Aufmerksamkeit schenkte und deren gesetzmäßige Verteilung erkannte. Auf Grund solcher Beobachtungen griff in der historischen Geologie mehr und mehr die Überzeugung Platz, daß die Erde im Verlaufe langer Zeiträume in mehrmaliger Folge von vollständig voneinander verschiedenen Tier- und Pflanzenschöpfungen bedeckt war, und daß jede dieser Veränderungen ihre Spuren in den fossilführenden Ablagerungen hinterlassen habe. Der Begriff der Formation erhielt dabei eine durchaus paläontologische Begründung, man verstand darunter einen Abschnitt, der durch ganz selbständige Fauna und Flora ausgezeichnet ist. Den schärfsten Ausdruck erhielt diese Auffassung durch Cuvier, welcher annahm, daß am Ende einer jeden Formation durch eine furchtbare Katastrophe alles organische Leben vernichtet und nach Wiedereintritt der Ruhe durch eine vollständige Neuschöpfung ersetzt worden sei.

War somit der Schwerpunkt der Unterscheidung zwischen den Formationen ganz auf paläontologisches Gebiet verlegt, so versuchte ein andrer französischer Forscher, Elie de Beaumont, dem geologischen Elemente wieder größern Einfluß auf die Abgrenzung zu verschaffen, indem er die plötzliche Erhebung von Gebirgen als die Ursachen jener Katastrophen bezeichnete, welche periodisch die Tier- und Pflanzenwelt vernichteten. So soll z. B. die Aufrichtung des Thüringer Waldes und einer Anzahl mit ihm gleichalteriger Gebirge auf der Grenze zwischen Trias- und Jurazeit stattgefunden haben, und dieser Vorgang und die tektonischen Störungen, welche er mit sich brachte, sollen die Trennungslinie zwischen beiden Formationen aufs schärfste bezeichnen.

Auf diesem Standpunkte der Entwickelung unsrer Wissenschaft stellt die geologische Formation etwas in der Natur durchaus fest Begründetes dar, Schwankungen der Ansichten über Zahl und Unterscheidung derselben wären lediglich aus der Unvollkommenheit unsrer Erkenntnis zu erklären, thatsächlich aber würde die ganze Erdgeschichte in eine beschränkte Anzahl aufs schärfste voneinander getrennter Perioden zerfallen. Allein auch diese Ansicht hat sich als irrig erwiesen. Zunächst fand man, daß auch innerhalb der einzelnen Formationen die Tier- und Pflanzenbevölkerung sich nicht gleich bleibt, sondern tiefgreifenden Veränderungen im Verlaufe derselben unterworfen ist, ein Verhältnis, das z. B. d'Orbigny veranlaßte, eine größere Anzahl von Abschnitten anzunehmen und die ganze Reihenfolge der fossilführenden Ablagerungen in 27 Stufen oder „Etagen" zu zerlegen; aber auch diese würden noch bei weitem nicht ausreichen, um all die aufeinander folgenden Entwickelungsphasen der Tierwelt zu unterscheiden, welche wir beobachten können. Auf anderm Gebiete überzeugte man sich, daß eine plötzliche Aufrichtung von Gebirgen nie stattgefunden hat, daß zerstörende Katastrophen, wie sie die Formationsgrenzen bezeichnen sollten, in der Geschichte der Erde seit dem Auftreten der Organismen überhaupt nie vorgekommen sind. Endlich ergab eine aufmerksame Untersuchung, daß auch die verschiedenen Formationen in ihrer Tier- und Pflanzenbevölkerung nicht so total voneinander verschieden sind, wie man lange Zeit hindurch geglaubt hatte.

In erster Linie war es das Studium der geologisch jungen Ablagerungen der Tertiärzeit, welches Bresche in die Vorurteile legte. Man überzeugte sich, daß die jüngsten Meeresbildungen eine namhafte Zahl von Arten mit unsern jetzigen Meeren gemein haben, und daß die Menge derselben sich schrittweise vermindert, zu je ältern Ablagerungen man sich wendet. Wohl stießen diese Behauptungen auf den entschiedensten Widerspruch, eine Anzahl von Forschern behauptete, daß auch nicht eine lebende Art mit ganz übereinstimmenden Merkmalen fossil wiederzufinden sei; aber diese Meinungsverschiedenheit, welche vor 40 Jahren die Wissenschaft in so hohem Grade beschäftigte und aufregte, ist heute vollkommen ausgeglichen, und es gibt wohl niemand mehr, der an der Identität gewisser tertiärer Arten mit jetzt lebenden zweifelte.

Immer blieb aber noch die Thatsache bestehen, daß die ältern Formationen keine Arten untereinander gemein haben, und in der That ist dieselbe bis auf ganz unbedeutende Ausnahmen kaum bestreitbar, wenn man sich mit dem Studium auf diejenigen Gegenden beschränkt, in welchen diese Abschnitte zuerst unterschieden werden, d. h. auf die am besten und längsten bekannten Teile von Deutschland, Frankreich und England. Indes ist mit der Erweiterung der Kenntnisse auch dieses letzte Bollwerk der ältern Auffassung zu Falle gekommen; die Grenzen zwischen Trias und Jura und zwischen Jura und Kreide verschwimmen vollständig, sobald man auch die alpinen Ablagerungen mit in Betracht zieht. Böhmen und der Harz liefern Bindeglieder zwischen Silur und Devon, Nordamerika zwischen Kreide und Tertiär, und in andern Gegenden stellen sich ähnliche Verhältnisse für andre Formationsgrenzen ein. Wenn wir z. B. die Grenzbildungen zwischen Jura und Kreide in den alpinen Gegenden betrachten, so sehen wir einen so allmählichen Übergang, daß es fast gleichgültig ist, ob man die Scheidelinie etwas höher oder tiefer annehmen will, während in Mitteleuropa zwischen beiden Formationen eine Unterbrechung der marinen Ablagerungen stattfand und daher eine außerordentlich scharfe Grenze vorhanden ist, welche aber rein lokalen Verhältnissen, einer zeitweiligen Trockenlegung der betreffenden Gegenden oder dem Auftreten von Süßwasserseen in denselben, ihren Ursprung verdankt.

In andern Fällen verhält es sich ebenso. Wir kommen dadurch zu der Anschauung, daß die Formationen und ihre Unterscheidung nichts in der Natur Begründetes darstellen, und daß in Wahrheit eine ganz *ununterbrochene und allmähliche Entwickelung während der ganzen Dauer der geologischen Zeiträume seit dem ersten Erscheinen der Organismen* stattgefunden habe, welche wir rein künstlich der bessern Übersicht halber in Abschnitte einteilen. Die Abgrenzung der einzelnen Perioden, wie sie sich in der Geologie allmählich eingebürgert hat, stützt sich nach dieser Auffassung lediglich auf örtliche Eigentümlichkeiten eines verschwindend kleinen Teiles der Erdoberfläche; die einzelnen Unterbrechungen der marinen Schichtbildungen oder Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land, die in Mitteleuropa Platz gegriffen haben, geben die Scheidelinien zwischen den einzelnen Formationen ab.

Diese Auffassung, daß die *Einteilung in Formationen eine rein künstliche* ist, daß ihre einzelnen Glieder nur nach den zufälligen Veränderungen in einer Gegend abgegrenzt und daher durchaus ungleichwertig sind, ist jetzt bei sehr vielen Geologen und Paläontologen als richtig angenommen und wird durch viele wichtige Gründe gestützt. Allerdings haben sich in neuerer Zeit Anzeichen einer Reaktion gegen dieselbe geltend gemacht. Es handelt sich dabei nicht etwa um eine Rückkehr zu der alten Katastrophentheorie, um Zweifel an der ununterbrochenen Dauer des organischen Lebens auf der Erde oder an dem Vorhandensein von Übergängen zwischen den einzelnen Formationen; es wird auch anerkannt, daß die Grenzen nur nach den Beobachtungen in einem kleinen Teile von Europa gezogen sind; aber in mehreren Fällen zeigt es sich doch, daß jene Verschiebungen in der Verteilung von Wasser und Land, deren Spuren wir in unsern Gegenden finden, nicht auf diese beschränkt waren, sondern

sich über sehr weite Bezirke erstreckten. Es ist deshalb die Frage aufgeworfen worden, ob solche über einen großen Teil der Erdoberfläche bemerkbare Veränderungen nicht zu einer naturgemäßen Abgrenzung der Formationen hinleiten können, und ob unsre jetzige Gliederung schon ganz oder teilweise auf solcher Basis richtig aufgeführt ist und sich daher auch bei ihrer weitern Ausdehnung und Anwendung auf ferne Gegenden als den Verhältnissen gut entsprechend erweisen wird.

Die Entscheidung dieses Problemes gehört sicher zu den wichtigsten Aufgaben der Geologie. Wir sehen z. B., daß an sehr vielen Punkten in weiten Arealen die Kohlenformation durch Süßwasserbildungen mit Kohlenflözen vertreten ist, daß gegen Ende der Trias, um die Mitte des Jura und zu Beginn der obern Kreide die tiefgreifendsten Verschiebungen im Verhältnisse von Wasser und Land stattgefunden haben; wenn es also gelingt, die Einteilung in Formationen durchgehends mit derartigen weitverbreiteten Erscheinungen in Verbindung zu bringen, so wird das ein sehr großer Fortschritt sein. In erster Linie hätten wir dann ein naturgemäßes, auf wirklich geologischer Basis begründetes System, wir würden dann auch vielleicht einen Schluß auf die Gründe solcher Verschiebungen ableiten und untersuchen können, ob dieselben auf die Gestaltung der Organismen von Einfluß waren; ja, es ist sogar die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß jene großen Wechsel in der Verteilung von Land und Meer durch Veränderungen in der Gestalt der Erdbahn und ähnliche kosmische Verhältnisse hervorgerufen werden, welche der astronomischen Berechnung zugänglich sind, so daß wir auf diesem Wege zu einer absoluten Zeitbestimmung für die einzelnen Perioden gelangen könnten[1].

Es ist das, wie gesagt, eine der größten Aufgaben der Geologie, ein Problem, das wir stets im Auge behalten müssen, von dessen Lösung wir aber noch überaus weit entfernt sind. Für den Augenblick stehen wir praktisch noch auf dem Standpunkte, daß uns die Formationen nicht genauer definierbare, wahrscheinlich sehr ungleichwertige und auf das Studium mitteleuropäischer Lokalverhältnisse begründete Größen darstellen, die wir beibehalten, weil ein derartiges System ein Zweckmäßigkeitsbedürfnis ist und wir das jetzige durch ein besseres zu ersetzen vorläufig unvermögend sind. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt heute nicht in der Verfolgung dieser großen Hauptgruppen, sondern ihrer kleinern und kleinsten Abteilungen und zwar sehr mit Recht, denn erst aus einer genauen Kenntnis der einzelnen Teile läßt sich eine richtige Zusammenfassung ableiten.

Paläontologische Methode der Altersbestimmung.

Zum Vergleiche verschiedener Ablagerungen aus räumlich voneinander entfernten Gegenden und zur Altersbestimmung liefern die Versteinerungen weitaus die besten Anhaltspunkte. Allerdings ist auch die Gesteinsbeschaffenheit von Wert, aber oft tritt innerhalb geringer räumlicher Entfernung zwischen gleichalterigen Bildungen so bedeutender Unterschied in dieser Beziehung ein, daß dieser Charakter nur mit großer Vorsicht zur Beurteilung angewendet werden darf. Wohl kennen wir manche Fälle, in welchen ein geologischer Horizont in weit voneinander entlegenen Ländern in derselben Gesteinsentwickelung

---

[1] Die Versuche, die Eiszeit mit den Änderungen in der Exzentrizität der Erdbahn in Verbindung zu bringen, stellen ein erstes tastendes Experiment in dieser Richtung dar. Viel weiter gehen die Hypothesen von Axel Blytt, der einzelne Bänke des Pariser Eocän in dieser Weise auf kleinere Schwankungen der Exzentrizität zurückzuführen sucht. Hier ist die Basis wohl noch sehr schwankend, aber jedenfalls ist es ein Fortschritt, dieses Problem überhaupt praktisch in Angriff genommen zu haben.

vorkommt; doch ist dies durchaus keine feststehende Regel, und wir erhalten durch solche Übereinstimmung nur wertvolle Fingerzeige, die der Bestätigung durch paläontologische Daten bedürfen, nicht aber für sich allein einen hinreichend sichern Beweis abgeben können.

Für die Herstellung einer allgemeinen chronologischen Reihenfolge, eines stratigraphischen Systemes, in welches die lokalen Gebilde der verschiedensten Gegenden eingefügt werden können, gibt uns nur die paläontologische Methode die Hilfsmittel an die Hand. Wir gelangen dadurch zu einer langen Aufeinanderfolge einzelner fossilführender Horizonte, deren ältester im Charakter seiner Organismen von der Jetztzeit am weitesten abweicht, während sich die spätern Glieder der Reihe nach mehr und mehr der heutigen Entwickelung nähern und die jüngsten in diese allmählich übergehen. Jede einzelne der sehr zahlreichen Abteilungen stellt uns eine kleine, aber selbständige Phase in der Geschichte der Erde und ihrer Bewohner dar. Freilich ist auch bei der Altersbestimmung mit Hilfe der fossilen Tierreste große Vorsicht nötig, wenn sie nicht zu falschen Ergebnissen führen soll. Als man überhaupt die Versteinerungen zu beachten anfing, ging man von der Ansicht aus, daß gleichalterige Ablagerungen gleiche, ungleichalterige Ablagerungen ungleiche Fossilien enthalten, aber man erkannte bald, daß nicht alle Vorkommnisse sich in dieser Beziehung gleich verhalten; einige schienen während einer größern Zahl aufeinander folgender Horizonte anzudauern, andre waren auf eine oder einige wenige Lokalitäten beschränkt, während endlich eine dritte Kategorie von Arten, durch charakteristische Form ausgezeichnet, weitverbreitet und häufig, der Zeit des Auftretens nach auf einen bestimmten Horizont beschränkt, als ganz besonders geeignet für die geologische Orientierung, als Leitmuscheln oder Leitfossilien galten. Allein diese einfache und leichte Methode, mittels einiger leicht kenntlicher Arten die gleichalterigen Ablagerungen überall wiederzuerkennen, ist als ungenügend erkannt worden, und es bedarf des sorgfältigsten Studiums einer großen Anzahl von verwickelten Verhältnissen, um richtige Schlüsse zu ziehen.

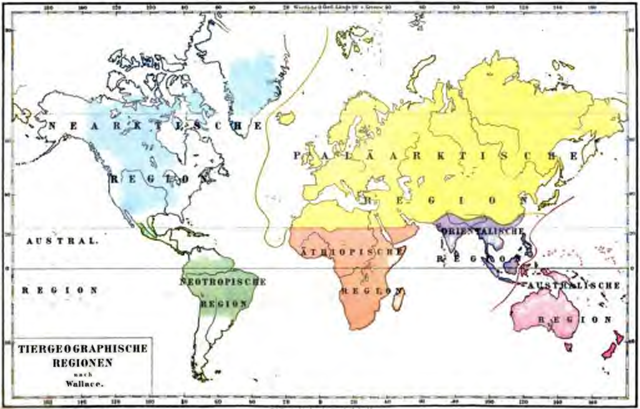
Wir dürfen uns hier natürlich nicht in die Einzelheiten solcher Gliederungen verlieren, sondern müssen uns darauf beschränken, die wichtigsten leitenden Grundsätze kennen zu lernen. Wie bei der Gebirgsbildung und den verschiedenen großen Erscheinungen der dynamischen Geologie, bieten auch hier die Verhältnisse in der Jetztzeit den einzigen sichern Leitfaden in dem scheinbar unentwirrbaren Labyrinthe der alten Ablagerungen und ihrer Tier- und Pflanzenwelt. Schon ein oberflächlicher Blick auf unsre Umgebung gewinnt den Eindruck der größten Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit, des raschen Wechsels zwischen kontrastierenden Vorkommnissen. In erster Linie sehen wir dreierlei verschiedene Wohnstätten des tierischen und pflanzlichen Lebens, das Festland, das süße Wasser und das Meer, jedes dieser Medien mit fast vollständig eigenartiger Bevölkerung, nur durch eine verhältnismäßig sehr geringe Zahl amphibischer Formen miteinander verbunden. Einen zweiten Grund weitgehender Verschiedenheit bilden die Verhältnisse der geographischen Verbreitung der Organismen, welche durch klimatische Verhältnisse und durch die Isolierung der Wohnräume durch nicht oder nur unter Schwierigkeiten passierbare Schranken bedingt werden. Solche Schranken bildet das Meer zwischen Kontinenten und Inseln, hohe Gebirgsketten zwischen den Tiefländern, weitgedehnte Wüstenstriche zwischen Regionen mit reichem organischen Leben. Umgekehrt stellen Kontinentalmassen für die Organismen des Meeres Grenzen der Verbreitung dar, und innerhalb des Meeres selbst sind die meisten Bewohner seichter Küstengewässer nicht im stande, die großen Meeresbecken zu überschreiten.

Infolge dieser Verhältnisse zerfallen die Meere wie die Festländer in eine Anzahl tier- und pflanzengeographischer Reiche und diese in Provinzen, deren jede durch eigentümliche Fauna und Flora ausgezeichnet ist. So sehen wir z. B. Australien charakterisiert durch die Menge seiner Beuteltiere, durch das Schnabeltier und den Ameisenigel,

neben denen von andern Säugetieren nur Fledermäuse als einheimische Formen vorhanden sind, während unter den Vögeln namentlich der Emu bezeichnend ist. Südamerika hat die Faultiere, Gürteltiere, die Ameisenbären, das Pekari, den Tapir, die Beutelratten und Affen mit 36 Zähnen und breiter Nasenscheidewand, endlich den dreizehigen Strauß (Rhea). In Afrika, südlich von der Sahara, finden wir menschenähnliche Affen, wie den Gorilla und Schimpanse, ferner die Paviane, Halbaffen, den Elefanten, das Rhinozeros, Flußpferd, die Giraffe, den Löwen, Erdwolf, das Erdferkel, Schuppentier, endlich unter den Vögeln den zweizehigen Strauß als besonders hervorragende Typen, von denen es allerdings eine Anzahl mit der indisch-malayischen Region gemein hat. (Vgl. die beigeheftete „Karte der tiergeographischen Regionen".)

In solcher Weise zerfallen alle Landmassen in eine Anzahl zoogeographischer Gebiete, auf deren Besprechung wir bei einer spätern Gelegenheit zurückkommen werden, und ähnlich gliedern sich auch die Pflanzenwelt und die Bevölkerung des Meeres. Bei letzterer tritt namentlich die Einwirkung der Wärmeverteilung auf die Verbreitung sehr klar hervor, so daß man, entsprechend den klimatischen Zonen, auch Zonen mit ähnlichen Meerestieren, homoiozoische Gürtel, rings um die Erde verfolgen kann. Einer derselben umfaßt die äquatorialen Regionen, und nördlich wie südlich von diesem folgen bis in die polare Region weiter noch je vier solcher Gürtel aufeinander. Überdies machen sich Unterschiede zwischen den großen Meeresbecken und innerhalb dieser zwischen der Bevölkerung der auf beiden Seiten gelegenen Küstengewässer geltend, welche dann zur Unterscheidung einzelner Provinzen innerhalb der homoiozoischen Gürtel dienen. Auf diese Weise sehen wir auch im Meere eine sehr große Verschiedenheit der geographischen Faunengebiete und eine Menge von Provinzen bestehen, aber während auf dem festen Lande die gesamte Lebewelt sich nach diesen großen Zügen der Verbreitung gliedert, ist dies im Meere vorwiegend nur bei der Küsten- und Seichtwasserbevölkerung der Fall. Ganz anders verhält es sich bei den Bewohnern der größern Meerestiefen; hier hat der wichtigste Faktor, das Vorhandensein von klimatischen Verschiedenheiten, viel geringern Einfluß, da am Grunde der weiten Meeresbecken in großer Tiefe überall eine ziemlich gleichmäßige kalte Temperatur herrscht. Infolgedessen bilden auch die mächtigen Kontinentalmassen keine Grenze für die Verbreitung der Tiefseetiere; sie sind im stande, z. B. aus dem Atlantischen Ozeane vom Äquator um die Südspitze von Amerika in den Stillen Ozean zu gelangen, während das für einen den Temperaturschwankungen ausgesetzten Bewohner des seichten Wassers nicht möglich ist. In der That berichten auch die Zoologen der Challenger-Expedition, die im Stillen wie im Atlantischen Ozeane, unter dem Äquator wie an der Grenze des polaren Eises ihre Schleppnetzuntersuchungen gemacht haben, daß die Fauna der Meerestiefen unter 500 Faden eine sehr gleichförmige ist und selbst in den größten Entfernungen nur geringe Unterschiede erkennen läßt. Fast ebenso große geographische Verbreitungsgebiete besitzen auch die pelagischen Schwimmer, jene Tiere, welche weit vom Lande an der Oberfläche des Meeres schwimmend leben. Wir erkennen also in der geographischen Verteilung der Organismen in der Jetztwelt zwei wesentlich kontrastierende Gruppen: die Bewohner des festen Landes, des süßen Wassers und der seichten Meeresteile sind an streng umschriebene Bezirke, wiewohl oft von großer Ausdehnung, gebunden, während die Bewohner des offenen und tiefen Meeres annähernd universelle Verbreitung haben. Dies ist ein Gegensatz, der namentlich für die Beurteilung der ältern Ablagerungen von größter Wichtigkeit ist.

Außer den bisher besprochenen, in großen Zügen auf den Charakter einwirkenden Bedingungen ist aber auch die Zusammensetzung der Bevölkerung eines jeden Standortes wesentlich von dessen örtlichen Verhältnissen beeinflußt. Jedermann weiß z. B., daß auf festem Lande eine sumpfige Niederung andre Tiere und Pflanzen beherbergt als eine Steppe, ein Waldland oder ein Hochgebirge; vor allem aber sind die Modifikationen, welche die



Bibliographisches Institut in Leipzig

Meeresfauna auf diese Weise erleidet, von großer Wichtigkeit für die geologische Betrachtung. Schon die oberflächliche Beobachtung der Vorkommnisse an einer Küste zeigt die größten Verschiedenheiten: auf schlammigem Thonboden ist eine andre Bevölkerung angesiedelt als auf sandigem oder kiesigem Grunde oder da, wo fester Felsen ansteht; klares Wasser bedingt andre Formen als trübes, der Salzgehalt, die Menge der vorhandenen Wasserpflanzen üben großen Einfluß; Steilküsten sind von andern Tieren bewohnt als Flachküsten, brandendes Wasser beherbergt Formen mit dickem, festem Gehäuse. Ebenso treten in verschiedenen Tiefenstufen verschiedene Organismen auf, und namentlich im seichten Gewässer der Ufer bringen schon Unterschiede von einigen Metern erhebliche Änderungen hervor, während in größern Tiefen ein so rascher Wechsel nicht mehr stattfindet. Neben diesen Faktoren, deren Bedeutung sehr klar vor Augen liegt, wirken noch andre auf die lokale Entwickelung, deren Wesen wir nicht so leicht zu ergründen vermögen. Oft zeigen zwei benachbarte Stellen im Meere oder an seiner Küste, soweit wir es beurteilen können, ganz gleiche Lebensbedingungen, aber trotzdem sind sie doch von verschiedenen Lebensformen bewohnt. Ganz besonders trägt auch zur Erhöhung der Mannigfaltigkeit der Umstand bei, daß sehr oft auf ganz gleichartigen Strecken des Meeresbodens die Tiere nicht gleichmäßig verteilt, sondern einzelne Arten oder kleine Gruppen von solchen zu Gesellschaften vereinigt sind; an einem Punkte findet sich z. B. eine Form in vielen Tausenden von Exemplaren unter Ausschluß fast aller andern, etwas weiter ist sie verschwunden, eine andre tritt in ähnlicher Menge auf, und so herrscht der bunteste Wechsel oft auf geringe Entfernung.

Alle diese großen Differenzen, welche lediglich durch lokale Einflüsse, abgesehen von den großen Zügen der geographischen Verbreitung und der klimatischen Zonen, in der Vergesellschaftung und Entwickelung der Bevölkerung hervorgebracht sind, werden als Faciesverschiedenheiten bezeichnet. Es würde zu weit führen, hier auf eine Darstellung der verschiedenen Faciesverhältnisse einzugehen, von dem roten Schlamme, dem Globigerinen-, Radiolarien- und Diatomeensedimente der Tiefsee bis zu den Schlamm- und Sandbildungen, zu den Korallenbauten des seichten Wassers. Die Tiefsee hat fast gar keine großen und dickschaligen Konchylien; die Schwämme mit Kieselgerüst, die meisten Crinoiden oder Seelilien, gewisse Gruppen von Seeigeln und die Mehrzahl der Einzelkorallen sind hier vorzugsweise vertreten. Große Korallenstöcke, dickschalige Seeigel, große, dickschalige Muscheln und Schnecken kommen fast nur in seichtem Wasser vor &c.

Ebensolche Verschiedenheiten waren auch in den Meeren der Vorzeit vorhanden, und es ist natürlich, daß dieselben bei allen Versuchen, durch Vergleich der versteinerten Organismenreste das Alter der Ablagerungen zu bestimmen, von großer Wichtigkeit sind und eine Menge von Schwierigkeiten und Fehlerquellen veranlassen. In früherer Zeit war denselben verhältnismäßig wenig Rechnung getragen worden, erst durch die Arbeiten von Greßly und später namentlich von Oppel hat man dieselben näher berücksichtigen gelernt, und die ganze Methode der historischen Geologie hat dadurch eine wesentliche Umgestaltung erfahren. Wenn wir z. B. die Bevölkerung einer Tiefseebildung, einer litoralen Sandablagerung und eines Korallenriffes eines und desselben geologischen Abschnittes betrachten, so haben dieselben vielleicht keine einzige Tierart miteinander gemein, ja selbst die Gattungen sind möglicherweise durchgehends andre. Wenn man dagegen etwa ungleichalterige Korallenriffe oder Schlammabsätze zeitlich nicht allzu weit voneinander entlegener Perioden unter sich vergleicht, so wird in erster Linie der ganze Habitus der Fauna ein merkwürdig gleicher sein, dieselben Tiergruppen treten auf, die meisten Gattungen sind gemeinsam, und erst eine genaue Untersuchung zeigt dann, daß die einzelnen Arten einander zwar in der Mehrzahl ähnlich sind, aber doch alle oder großenteils in bestimmten Merkmalen voneinander abweichen. Wollte man hier ohne Rücksicht auf die geschilderten Verhältnisse Altersbestimmungen

vornehmen, so würde man die gleichalterigen, aber in verschiedener Faciesentwickelung auftretenden Bildungen für Angehörige weit voneinander abstehender Perioden halten und anderseits z. B. im Alter verschiedene Korallenbildungen miteinander in Parallele bringen.

Solche Irrtümer sind auch in der That durchaus keine Seltenheit. So kommen in einem Teile von Norddeutschland, Nordfrankreich und England sehr ausgedehnte Korallenbildungen in einem ganz bestimmten Horizonte des obern Jura vor, den man infolgedessen als die Stufe des Korallenkalkes oder mit einem viel angewandten französischen Ausdrucke als das Corallien bezeichnete. Als man nun daran ging, die Bildungen verschiedener Gegenden eingehend miteinander zu vergleichen, fand man ähnliche oberjurassische Korallenriffe in verschiedenen andern Gegenden, im außeralpinen Süddeutschland, in Südfrankreich, der Schweiz, im Salzkammergute und in den Karpathen. Man schloß aus der Ähnlichkeit der Faunen, daß alle diese Ablagerungen demselben geologischen Niveau angehören, und daß mindestens in Europa während eines ganz bestimmten Abschnittes des obern Jura allgemein Korallenbildungen abgelagert wurden. Anderseits treten im Jura sehr ausgebreitete Ablagerungen auf, welche in Menge die bekannten Reste der Ammoniten enthalten; und ein genaues Studium der Gehäuse dieser Tiere ermöglichte es, eine Anzahl sehr scharf und sicher fixierter Horizonte unter diesen Ammonitenschichten zu unterscheiden. Nun fand man aber, daß einer und derselbe Ammonitenhorizont in Süddeutschland und stellenweise in Südfrankreich unter, in gewissen Teilen der außeralpinen Schweiz über den Korallenkalken liegt. Dieser scheinbare Widerspruch erregte unter den Geologen großes Aufsehen, die Resultate eingehender Studien und mühevollster Arbeit schienen in Frage gestellt, bis durch die Arbeiten von Mösch, Oppel und Waagen festgestellt war, daß die Korallenkalke nicht an ein bestimmtes geologisches Niveau gebunden sind, sondern daß in den verschiedensten Horizonten des obern Jura bald hier, bald dort, wie eben die äußern Umstände ihrem Fortkommen günstig waren, sich Korallenriffe entwickelten. Man lernte nun Korallenkalke von fünf verschiedenen Altersstufen unterscheiden, die bis dahin infolge ihrer Faciesähnlichkeit miteinander verwechselt worden waren.

Hat in diesen Fällen die Faciesähnlichkeit zur Verwechselung ungleichalteriger Gebilde geführt, so bieten uns die Tertiärbildungen der Umgebung von Wien den entgegengesetzten Fall. Hier kommen sehr verschiedenartige Ablagerungen vor, Thone aus tieferm Wasser abgesetzt, Küstensande mit zahlreichen Muscheln und mächtige von kalkabsondernden Algen und Korallen gebildete Kalke, die voneinander sehr stark abweichen, und die man für die Vertreter verschiedener Horizonte hielt, bis Sueß zeigte, daß sie nur verschiedene Facies eines und desselben Abschnittes darstellen.

Unter allen bisher näher untersuchten Vorkommnissen sind die Triasgebiete der Alpen und vor allen die sogenannte Dolomitregion der Südalpen durch den auffallend raschen Wechsel der Faciesentwickelung ausgezeichnet, wie ihn namentlich die Arbeiten von Mojsisovics klargelegt haben. Auf engem Raume finden wir einen und denselben Horizont bald in Form riesiger ungeschichteter Dolomitmassen, bald als eine Ablagerung weicher Mergel, vulkanischer Tuffe, wohlgeschichteter Kalke entwickelt, so daß allgemeine Ähnlichkeit in der Gesteinsbeschaffenheit und der Kombination der Fossilreste hier nur wenig Anhaltspunkte zur Wiedererkennung der gleichalterigen Gebilde gibt.

So extreme Fälle sind allerdings in den Meeren der Jetztzeit wie in den Felsmassen der Vorzeit nicht häufig. In der Regel behält ein Horizont auf ansehnliche Strecken denselben Charakter bei, so daß man sich durch denselben bei lokalen Untersuchungen eines beschränkten Gebietes mit ziemlicher Sicherheit leiten lassen kann, wenn man auch die Möglichkeit eines Wechsels stets im Auge behalten muß. Ja, manche Schichten behalten dieselbe Gesteinsentwickelung, dieselben Fossilien, kurz, genau dieselbe Facies auf ungemein große

Entfernung bei; so kehren z. B. die bituminösen Schiefer des obern Lias in Süddeutschland, Frankreich und England wieder, und die Nummulitenkalke des untern Tertiär, die Hippuritenkalke der obern Kreide, gewisse Ausbildungsarten des Kohlenkalkes, die roten Sandsteine der Trias und der permischen Formation und eine Reihe andrer bleiben sich über kolossale Entfernungen gleich. Allein niemals darf man sich auf eine solche Beständigkeit der Merkmale verlassen, stets ist ein hinreichender Beweis erst durch genaue paläontologische Untersuchung möglich.

Ähnliche Schwierigkeiten wie durch die Faciesverhältnisse werden durch die geographischen Verschiedenheiten hervorgebracht. Es ist unter Umständen sehr schwer, einen genauen Vergleich zwischen Ablagerungen durchzuführen, welche verschiedenen großen Bildungsräumen, verschiedenen Provinzen angehören. Dies ist nicht nur bei sehr weiter räumlicher Entfernung der Fall, es genügen dazu unter Umständen ganz geringe Distanzen. Das Mittelländische Meer ist vom Roten Meere nur durch die schmale Landenge von Suez getrennt, aber trotzdem ist die Tierwelt dieser beiden Becken vollständig voneinander verschieden, unter ihrer überaus reichen Fauna haben sie nur ganz vereinzelte Arten miteinander gemein. Das Mittelmeer hat annähernd die Fauna des Atlantischen Ozeanes, in seiner Bevölkerung ist weit mehr Verwandtschaft selbst mit derjenigen der westindischen Gewässer vorhanden, die Muschelarten dagegen, die man am Nordende des Roten Meeres bei Suez aufliest, sind Formen des Indischen Ozeanes, sie kehren zum großen Teile noch auf den Philippinen, ja in noch weiterer Entfernung wieder, aber die Meere zu beiden Seiten der Landenge von Suez stehen bezüglich ihrer Bevölkerung in gar keiner gegenseitigen Beziehung. Ganz ähnlich verhielt es sich in der Vorzeit, z. B. während des letzten Abschnittes der Jurazeit, zwischen dem mitteleuropäischen Gebiete und dem Moskauer Becken, so daß trotz des verhältnismäßig geringen Abstandes eine genaue Parallele zwischen den beiderseitigen Schichten kaum mehr möglich ist.

Besonders eigentümliche Verhältnisse entstehen, wenn zwei bisher getrennte geographische Distrikte mit sehr verschiedener Bevölkerung durch irgend eine geologische Veränderung miteinander in Verbindung gebracht werden. Es läßt sich beispielsweise nachweisen, daß das ganze Rote Meer in geologisch junger Zeit durch einen Einbruch entstanden ist und von der Fauna des Indischen Ozeanes bevölkert wurde; denken wir uns nun, daß ein ähnlicher Vorgang sich jetzt wiederholen, daß die Sinai-Halbinsel in die Tiefe sinken würde, dann wäre eine weit offene Verbindung zwischen dem Roten und Mittelländischen Meere und indirekt zwischen dem Atlantischen und Indischen Ozeane hergestellt; eine mächtige Strömung des kältern Wassers würde ohne Zweifel durch die neugebildete Straße von Norden her in das Rote Meer eindringen, zahlreiche Arten würden aus einem Becken in das andre überwandern, viele altansässige Formen verdrängt werden, kurzum, eine tiefgreifende Umänderung wäre die Folge und würde auch in den sich ablagernden Schichten zum Ausdrucke kommen. Allein das wäre nicht die einzige Folge des angenommenen geologischen Vorganges; die Vereinigung der beiden Meere würde auf der andern Seite auch eine Zerreißung des Zusammenhanges zwischen Nordafrika und Westasien und damit eine langsam sich steigernde Verschiedenheit der Tiere und Pflanzen dieser beiden Festländer mit sich bringen. Ganz allgemein werden diejenigen geologischen Veränderungen, welche Meeresgebiete miteinander in Verbindung bringen, Landmassen zerreißen und umgekehrt, es wird also, wie Sueß bemerkt hat, eine und dieselbe geologische Umgestaltung entgegengesetzte Wirkung auf die Bewohner des Meeres und des festen Landes ausüben; was den einen neue Kommunikationen eröffnet, bringt für die andern Isolierung hervor.

Noch durchgreifender sind die Unterschiede zwischen den Ablagerungen des Meeres, des süßen Wassers und des festen Landes. Hätten diese ihren Charakter stets in voller Reinheit, so wäre ein näherer Vergleich kaum möglich, doch werden in dieser Hinsicht die

Aufgaben der Geologen wesentlich dadurch erleichtert, daß durch Wind und rinnendes Wasser oft massenhaft Verschleppungen eintreten; das Vorkommen eingeschwemmter Landorganismen in Süßwasserbildungen oder von Binnenbewohnern in Meeresschichten ist sehr häufig. Überdies finden oft Niveauschwankungen statt, infolge deren eine Süßwasserablagerung einem Systeme mariner Bildungen eingeschaltet ist, oder umgekehrt, und auf diese Weise gelingt es in der Regel, diese Schwierigkeiten zu überwinden.

Blicken wir auf alle diese verwickelten Verhältnisse, welche eine richtige Beurteilung erschweren, so überzeugen wir uns, daß eine leichte und einfache Methode der Altersbestimmung durch die Versteinerungen nicht immer möglich ist. Der Satz, daß gleichalterige Ablagerungen gleiche, ungleichalterige ungleiche Fossilreste enthalten, führt in buchstäblicher Anwendung zu den gröbsten Irrtümern. Es ist ein viel mühsamerer Weg, den die Forschung einschlagen muß, um die Beziehungen verschiedener Ablagerungen zu erfassen, aber dafür erhalten wir auch erst durch die Berücksichtigung aller der mannigfaltigen Faktoren, welche auf die Entwickelung der Schichten und ihrer organischen Reste einwirken, einen tiefern Einblick in die Verhältnisse, die auf unserm Planeten in der Vorzeit geherrscht haben, wir lernen seine Geschichte in einer weit befriedigendern und vollständigern Weise kennen, als es sonst möglich wäre.

Wenn wir uns nun an die Aufgabe machen, unter Berücksichtigung dieser Grundsätze die Reihenfolge der geologischen Chronologie und mit ihr die einzelnen Entwickelungsphasen der Organismenwelt festzustellen, so müssen wir natürlich von allen örtlichen Verhältnissen absehen und nur diejenigen Änderungen berücksichtigen, welche von allgemeiner Bedeutung sind. Wir kommen hierdurch sofort zu dem Kontraste zwischen lokaler und universeller Gliederung der Ablagerungen. Nehmen wir z. B. an, daß in einem beschränkten Bezirke eine Ablagerung auftritt, welche hauptsächlich die Reste von frei schwimmenden Tieren der offenen See enthält, daß ferner darüber eine Korallenbildung und dann wieder eine der ersten ähnliche Schicht folgt, und finden wir in unserm erdachten Falle, daß die erste und dritte Schicht nicht nur in der Faciesentwickelung sich gleichen, sondern auch in den einzelnen Arten ihrer Versteinerungen genau miteinander übereinstimmen, so können wir mit Sicherheit daraus schließen, daß die in der Mitte liegende Korallenbildung nur eine Episode, ein Intermezzo innerhalb einer und derselben Entwickelungsphase darstellt, daß sie also für eine allgemeine Gliederung ohne jede Bedeutung ist. Trotzdem kann ihr aber lokal ganz eminente Wichtigkeit zukommen: sie bildet vielleicht einen auf viele Meilen anhaltenden, sehr leicht kenntlichen Horizont mit massenhaften schönen Versteinerungen, ihre harten Kalkbänke sind möglicherweise für die ganze Oberflächengestaltung der Gegend und ihre Bergformen ein bestimmendes Element und sind etwa in einem sonst kalkarmen Distrikte von größter technischer Wichtigkeit. Es wäre daher verfehlt, sie nicht bei einer Lokalstudie als selbständig hervorzuheben und auf einer geologischen Karte zu verzeichnen. Daraus geht also hervor, daß die lokale und die allgemeine Gliederung nebeneinander herlaufen müssen, daß keine die andre ersetzen und verdrängen darf oder kann.

Das erste Erfordernis für ein Glied der allgemeinen Einteilung ist, daß dasselbe wirklich eine selbständige Entwickelungsphase der Organismenwelt darstellt, und daß es durch allgemein auf große Erstreckung verfolgbare Verschiedenheit seiner Bevölkerung von der nächst ältern und jüngern Abteilung abweicht. Es entsteht nun die Frage, an welchen Merkmalen wir erkennen, ob dies wirklich der Fall ist. Eine vollständige Kenntnis der frühern Faunen und Floren würde hier die Antwort sehr leicht erscheinen lassen, aber so weit reicht unser Wissen nicht, und wir müssen uns daher auf die Untersuchung der einfachern Vorkommnisse beschränken. Zunächst ist es an sich wahrscheinlich und durch vielfache Erfahrung

bewiesen, daß die Bevölkerungen des festen Landes, des süßen Wassers und des Meeres in ihren Umgestaltungen nicht gleichen Schritt halten; wir werden darum der Einfachheit wegen zunächst nur eine dieser Kategorien bei der Gliederung näher berücksichtigen können. Da Land- und Süßwasserbildungen in den meisten ältern Formationen nur spärlich auftreten, Meeresbildungen dagegen aus den meisten Abteilungen in Menge und großer Entwickelung vorliegen, so hat man die geologische Einteilung wesentlich auf die Meerestiere gegründet.

Die Aufgabe ist also nunmehr dahin beschränkt, die einzelnen Phasen in der Entwickelung der Marinfauna zu bestimmen, und eine möglichste Annäherung an dieses Ziel strebt die Geologie an, wenn sie dasselbe auch nicht vollständig zu erreichen vermag, da die paläontologische Überlieferung, wie wir noch sehen werden, eine sehr unvollständige ist. Wir können zunächst nur in gleicher Faciesentwickelung auftretende Gebilde miteinander vergleichen, allein wir kennen nicht jeden Horizont in vielen verschiedenen Ausbildungsweisen, und wir können durchaus nicht alle Facies auch nur durch eine ansehnliche Zahl von Horizonten hindurch ununterbrochen verfolgen; es ist also auch in dieser Richtung eine Beschränkung nötig. Wir haben oben gesehen, daß ein Unterschied zwischen lokalen und weitverbreiteten sogenannten universellen Faunen existiert (s. S. 10), und die häufigsten Gattungen und Arten dieser letztern sind es, welche für unsre Zwecke von größter Bedeutung sind. Wir müssen in erster Linie die Reihenfolge dieser Formen festzustellen suchen, da hierfür die Schwierigkeiten verhältnismäßig geringer sind, und dann die übrigen Vorkommnisse durch speziellere Vergleiche in das so erhaltene Schema einzufügen suchen.

Auf diese Weise werden wir demnach als die Einheit der geologischen Gliederung jenen Zeitabschnitt betrachten, innerhalb dessen die häufigsten, allgemein verbreiteten und nach dem heutigen Stande unsers Wissens gut bekannten Meerestiere sich der Mehrzahl nach gleich bleiben. Die Ablagerungen, welche sich während desselben gebildet haben, bezeichnen wir als gleichalterig und suchen solche „äquivalente“ Bildungen in verschiedenen Gegenden miteinander zu „parallelisieren“.

Der Ausdruck Gleichalterigkeit hat nicht nur bei Laien, sondern auch unter Geologen vielfach zu Mißverständnissen geführt und Anstoß erregt. Man hat eingewendet, daß bei der Größe der geologischen Zeiträume eine wirkliche Gleichzeitigkeit überhaupt nicht festgestellt werden kann, und daß es eine vollständige Verkennung der Verhältnisse sei, an eine derartige Möglichkeit überhaupt zu denken. Dieser Einwand beruht natürlich nur auf der handgreiflichen und wörtlichen Auffassung des Ausdruckes. Es müssen aller Wahrscheinlichkeit nach Hunderttausende von Jahren vergehen, ehe eine merkliche Änderung der Meeresfauna eintritt, und alles, was in diesen langen Zeitraum fällt, ist für den Geologen gleichalterig. Wenn, wie in dem oben erwähnten Beispiele, drei Schichtgruppen übereinander gelagert sind, von denen die obere und untere übereinstimmende pelagische Formen enthält, während zwischen beiden eine Korallenbildung liegt, so gehören diese drei einander überlagernden Bildungen doch einem und demselben Abschnitte an, sie sind, obwohl nacheinander gebildet, doch in unserm Sinne gleichalterig.

Es kann auch der Fall eintreten, daß eine beschränkte Schichtfolge, die wir an einem Orte beobachten, an einem andern Punkte in genau umgekehrter Reihenfolge auftritt. Es kann z. B. in einem Falle eine Tiefseeablagerung unter einer Seichtwasserbildung desselben paläontologisch charakterisierten Abschnittes liegen, während anderwärts die letztere von den Tiefseesedimenten bedeckt wird. So wurde in den Tertiärablagerungen des Wiener Beckens mehrfach nachgewiesen, daß die in seichtem Wasser gebildeten Leithakalke in der Regel unter den in tieferm Wasser abgelagerten blauen Thonen mit zahlreichen kleinen und mittelgroßen Schneckengehäusen (Badener Tegel, Pleurotomenthone) liegen, an einigen Stellen aber über diesen letztern wieder Ablagerungen von Leithakalk vorkommen.

Lückenhaftigkeit der Überlieferung; Zonengliederung.

Wie in der vorstehend erläuterten, so gibt auch in einer zweiten wichtigen Beziehung die Beobachtung der Lagerung allein nur ungenügenden Aufschluß. Wenn zwei Schichten auch unmittelbar und durchaus gleichmäßig übereinander lagern, so ist damit noch keineswegs der Beweis geliefert, daß sie der Zeit nach unmittelbar aufeinander gefolgt sind, zwischen der Ablagerung beider kann eine überaus lange dauernde Unterbrechung stattgefunden haben, jede einzelne Schichtfuge kann ungeheuern Zeiträumen von Millionen von Jahren entsprechen. Beispielsweise liegen in manchen Gegenden Ostgaliziens Schichten der obern Kreide ganz konkordant und ungestört über Silurbildungen; die Schichtfolge scheint eine ganz gleichmäßige zu sein, und doch hat zwischen den beiderlei Ablagerungen eine Unterbrechung stattgefunden, es ist hier eine Lücke vorhanden, welche das ganze Devon, die Kohlenformation, Perm, Trias, Jura und untere Kreide umfaßt.

Wenn die an einer Lokalität auftretende Unvollständigkeit eine so gewaltige ist, dann bietet es in der Regel nicht die mindeste Schwierigkeit, dieselbe durch den Vergleich mit den vollständigern Vorkommnissen andrer Gegenden nachzuweisen; aber in minder extremen Fällen reicht diese Methode nicht aus, und es entsteht dann die Frage, ob die Gesamtreihenfolge, die man durch die Kombination der Beobachtungen in den verschiedensten Gegenden herstellt, eine auch nur annähernd vollständige ist, ob dieselbe nicht eine Menge bedeutender Lücken enthält. In der That ist es die Ansicht vieler Geologen und namentlich vieler Leute, welche die Geologie nur oberflächlich kennen, daß dies in sehr hohem Grade der Fall sei. Die Lückenhaftigkeit der geologischen Überlieferung ist ja eins der bekannten Schlagwörter, die nur allzu häufig gebraucht werden, ohne daß man sich hinlänglich von ihrer Bedeutung und Berechtigung Rechenschaft gibt; und vor allem ist dies seit dem Auftreten der Abstammungslehre, der Darwinschen Theorie, der Fall. Indes die Frage nach der größern oder geringern Vollständigkeit der geologischen Reihenfolge ist durch die Abstammungslehre nicht nur lebhafter angeregt worden, sondern diese gibt uns auch die allein richtigen Methoden zur Lösung des Problemes an die Hand.

Die Paläontologie und mit ihr die historische Geologie hat seit dem Auftreten Darwins eine ganz andre Richtung und Bedeutung erhalten. Früher dachte man sich jede einzelne Tier- und Pflanzenart durch einen selbständigen Schöpfungsakt ins Leben gerufen oder wenigstens durch einen naturhistorisch unfaßbaren Akt unvermittelt und ohne ursächlichen Zusammenhang mit den früher vorhandenen Formen der Organismen entstanden. Auf diesem Standpunkte stellten die Beschreibung der Fossilreste und die Feststellung ihrer Aufeinanderfolge eine Anhäufung unverstandener Thatsachen dar, in welcher eine strenge Gesetzmäßigkeit sich zwar deutlich erkennen ließ, der gegenüber aber jeder Erklärungsversuch ausgeschlossen blieb. Die stete Annäherung der Organismen an die jetzige Schöpfung, welche von den ältesten Perioden an zu verfolgen ist, war unter der Annahme der Unveränderlichkeit der Arten absolut unverständlich; sie ist aber eine durchaus naturgemäße und notwendige Erscheinung, sobald man mit Darwin in den Organismen eines jeden Abschnittes die in ihrer Form mehr oder weniger veränderten Nachkommen der vorhergehenden Periode sieht.

Auf das Wesen der Abstammungslehre, auf ihre Begründung, auf die Ursachen der Veränderungen einzugehen, fällt nicht in den Bereich der geologischen Darstellung; nur die Ergebnisse sind für uns von Wichtigkeit und der Einfluß, welchen dieselben auf die Gestaltung der Stratigraphie ausgeübt haben und noch ausüben müssen. Die Paläontologie ist dadurch erst eigentlich zu einer wahren Geschichte der Tierwelt geworden, die historische Geologie gibt dabei das Zeitmaß, die Chronologie, ab, und es ist klar, welche

große theoretische Bedeutung beiden dadurch zufällt. Ihnen vor allem liegt es ob, den unmittelbaren und handgreiflichen Beweis für allmähliche und schrittweise Veränderung der Organismen beizubringen.

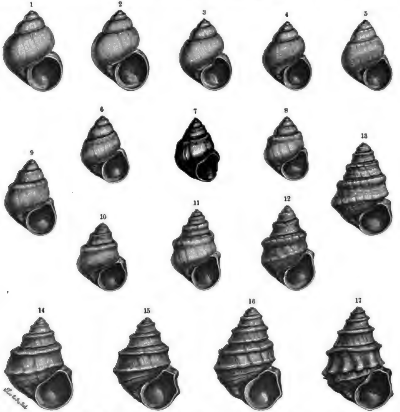
In erster Linie geschieht dies durch die Verfolgung von Formenreihen; wenn man die häufigsten und verbreitetsten Vorkommnisse aus einer Reihe ohne Unterbrechung unmittelbar aufeinander folgender Schichtgruppen miteinander vergleicht, so gelingt es häufig, zu zeigen, daß ein und derselbe Typus durch eine größere Anzahl von Abteilungen hindurchreicht, und zwar nicht in ganz unveränderter Gestalt; alle zusammen bilden eine Reihe, in welcher jedes Glied von dem vorhergehenden durch geringfügige, aber konstante Merkmale abweicht. Indem sich aber dieser Vorgang durch eine größere Anzahl von Abschnitten wiederholt und die Abweichungen in der Regel lange Zeit hindurch streng nach derselben Richtung hin stattfinden und sich anhäufen, ergeben sich schließlich nach Ablauf eines größern Zeitraumes sehr erhebliche Differenzen, weit größer, als sie zwischen den verschiedenen gleichzeitig lebenden Abänderungen einer und derselben Art vorkommen. Man bezeichnet diese Reihen als Formenreihen und die einzelnen, nur durch geringe Unterschiede voneinander abweichenden Glieder derselben als Mutationen (s. Abbildung, S. 18).

Durch die Beobachtung dieses Verhältnisses wird der direkte Nachweis für die allmähliche Veränderung der organischen Formen geliefert. Dies ist jedoch keine leichte und einfache Aufgabe, es bedarf dazu großer Aufmerksamkeit, kritischer Untersuchung und großen Versteinerungsmateriales. Namentlich darf man nicht glauben, daß es genüge, an einer Lokalität in einem Profile die Versteinerungen aller Bänke einzeln aufzusammeln und miteinander zu vergleichen, um sofort die Formenreihen klar hervortreten zu sehen; nur sehr selten und unter ausnahmsweise günstigen Verhältnissen ist das in so leichter Weise möglich, gewöhnlich ist zwischen den einzelnen aufeinander folgenden Ablagerungen einer beschränkten Örtlichkeit hinreichende Faciesverschiedenheit vorhanden, um alle Versuche dieser Art zu vereiteln. Die verschiedenen Schichtgruppen scheinen infolge der Faciesverhältnisse, innerhalb lokaler Grenzen betrachtet, sehr häufig in der Weise voneinander abzuweichen, daß nicht eine Mutation für die andre eintritt, sondern daß Formen aus ganz andern Gattungen und Tiergruppen auftreten. Man hat das sogar als ein Argument gegen die Abstammungslehre vorgebracht, ohne zu berücksichtigen, daß diese unvermittelt auftretenden Typen nur infolge einer Änderung in den äußern Lebensbedingungen lokal die alte Einwohnerschaft verdrängt haben. Um Formenreihen zu verfolgen, muß man die Fossilreste von möglichst vielen weit voneinander entfernten Fundorten vergleichen, dann hat man Aussicht, diese Fehlerquellen zu vermeiden, und dann gelangt man auch wirklich zu einem günstigen Resultate.

Die Gliederung der Formenreihe in Mutationen, die nur in ganz feinen Merkmalen voneinander abweichen, und zwischen denen die Übergänge in der Regel verhältnismäßig selten sind, gibt nun auch das beste Hilfsmittel für die geologische Einteilung ab. Als die einzelnen kleinsten paläontologisch charakterisierten Abschnitte betrachten wir diejenigen, innerhalb welcher die Mehrzahl der Formenreihen keine bemerkbare Veränderung erleidet, während die Angehörigen derselben Formenreihen in unmittelbar aufeinander folgenden Abschnitten durch die feinsten noch mit Sicherheit und beständig nachweisbaren Unterschiede voneinander abweichen, d. h. nächstverwandten Mutationen angehören. Diese kleinsten Abschnitte einer universellen Gliederung der Schichten stellen uns also Entwickelungsphasen der Tierwelt dar, welche der mittlern Durchschnittsdauer einer Mutation der verbreitetsten marinen Organismen entsprechen. Jeden einzelnen dieser Abschnitte, die nach dem Vorgange von Oppel „Zone" genannt werden, bezeichnet man in der Regel nach einem häufigen und weitverbreiteten Fossile, welches ihm eigen ist, also z. B. Zone des Peltoceras

bimammatum, Zone der Oppelia tenuilobata ꝛc. Mehrere solcher Zonen werden dann in eine Stufe oder Etage zusammengefaßt, von denen wieder eine beschränkte Anzahl auf eine Formation kommt.

Schon die Darlegung der Methode läßt erkennen, daß die Durchführung einer rationellen Zonengliederung eine sehr schwierige und verwickelte Aufgabe ist, welche nur auf



Formenreihe der Paludina Neumayri aus den pliocänen Paludinenschichten von Westslawonien: 1. Stammform; — 2 bis 17. die durch allmähliche Umgestaltung aus ihr hervorgegangenen Abänderungen oder Mutationen. Vgl. Text, S. 17.

Grund sehr genauer Kenntnis in geologischer und paläontologischer Beziehung möglich ist. Es ist auch noch keineswegs gelungen, eine solche Einteilung für die ganze Reihenfolge der Formationen durchzuführen.

Nochmals muß hier ausdrücklich vor dem so häufig vorkommenden Mißverständnisse gewarnt werden, als ob diese Gliederung in Zonen die lokalen Einteilungen zu verdrängen und zu ersetzen bestimmt oder befähigt wäre. Es kommt z. B. vor, daß die Gesteinsmächtigkeit in einer Gegend so sehr reduziert ist, daß die Fossilien von zwei und mehr Zonen in einer einzigen Bank vereinigt liegen, und hier wäre der Versuch, diese weiter zu teilen,

Digitized by Google

vergeblich, ja widersinnig; in einem andern Distrikte ist dagegen eine Zone überaus reich ausgebildet und tritt in sehr kontrastierenden Faciesentwickelungen auf, die teils über-, teils nebeneinander liegen und trotz ihrer scharf charakterisierten Erscheinungsart zweckmäßigerweise nicht voneinander zu trennen sind, sondern unter einem Zonennamen zusammengefaßt werden müssen. Für jede geologisch selbständige Area ist eine Lokaleinteilung notwendig, die Zonengliederung bildet nur das universelle Schema, in welches alle örtlichen Ausbildungen zum Zwecke allgemeiner theoretischer Vergleiche eingepaßt werden können.

Auf einer ähnlichen Verwechselung, wenn nicht auf einem Mangel an Verständnis für die Aufgabe der historischen Geologie in ihrer Verbindung mit der Paläontologie, beruht ein andrer Einwurf, welcher hier und da der Zoneneinteilung gemacht wird: dieselbe soll viel zu sehr ins kleine eingehen und durchaus unwichtige minutiöse Abschnitte von rein lokaler Bedeutung liefern; es wird sogar als eine vollständige Verkennung der Natur bezeichnet, zu glauben, daß allerorts dieselben Zonen sich wie die Schalen einer Zwiebel übereinander lagern. Abgesehen von der Verkennung des Unterschiedes zwischen geologischer Lokalgliederung und einer für theoretische Zwecke bestimmten allgemeinen Chronologie, liegt hier eine unrichtige Auffassung von dem Wesen einer auf die allmähliche Umgestaltung der Organismen beruhenden Zeiteinteilung vor. Alle einzelnen Phasen der Entwickelung können wir nur da in ihrer Aufeinanderfolge nachweisen, wo eine geologische Formation sehr reich und vollständig gegliedert auftritt und sehr genau studiert ist. Wenn dies nun auch in aller Vollständigkeit nur in einem Teile des Verbreitungsbezirkes der betreffenden Bildungen möglich ist, so können doch die Stämme des Tierreiches in Gegenden mit weniger reicher Gliederung die hier fehlenden Phasen im Prozesse ihrer Umgestaltung nicht übersprungen haben.

Ein Beispiel aus der Völkergeschichte wird das am deutlichsten klarmachen: denken wir uns zwei Nationen aus früherer Zeit, die in innigster Wechselbeziehung zu einander standen, und deren Geschicke eng verflochten waren; die wichtigern Ereignisse, welche Marksteine in der Geschichte des einen Volkes bilden, sind auch entscheidend für das andre. Wenn nun dem Historiker für die eine Nation sehr zahlreiche, für die andre nur spärliche Urkunden und Denkmäler vorliegen, so wird er den Entwickelungsgang der erstern viel mehr ins einzelne verfolgen können als denjenigen der andern. Er wird die Schicksale, die Kultur und die politischen Verhältnisse des einen Reiches für einen Zeitraum mit Sicherheit darstellen, für welchen über den Zuständen des andern vollkommenes Dunkel herrscht. Er wird aber dieses durch Schlüsse aus den bekannten Verhältnissen des andern Volkes aufhellen können und keineswegs die genaue Untersuchung des einen Falles unterlassen, weil er für den andern nicht zu derselben Präzision gelangen kann.

Genau ebenso verhält es sich mit der Verfolgung der Zonen, durchaus nicht alle Ablagerungen eignen sich vermöge ihrer Ausbildungsweise zur Sonderung in Zonen; innerhalb eines annähernd einheitlichen geographischen Verbreitungsbezirkes aber muß die Entwickelung der Organismenwelt überall dieselbe sein, und maßgebend ist die vollständigste und eingehendste Überlieferung, von ihr aus kann man zur Beurteilung des minder Bekannten fortschreiten. Nur auf diesem Wege können wir eine getreue Geschichte der Vorzeit und ihrer Lebewelt schreiben, und jeder Versuch, an dieser Methode zu rütteln, bedeutet ein Abgehen von dem einzig richtigen Wege.

Wir haben bis jetzt von den Zonen als den einzelnen Abteilungen des universellen geologischen Systemes gesprochen. Dies ist insofern ganz richtig, als sie im Gegensatze zu der lokalen Gliederung eine allgemeinere Bedeutung haben; es wäre jedoch irrig, dies in der Art aufzufassen, als ob jede Zone ganz allgemein auftreten müßte und mit gleichen Kennzeichen über die ganze Erde verfolgt werden könnte, soweit überhaupt

Marinbildungen des betreffenden Alters vorhanden sind. Der Charakter einer Zone ist gegeben durch eine Anzahl von Tierformen; das Gebiet, über welches sie verfolgt werden kann, hängt also naturgemäß vollständig von der geographischen Verbreitung derjenigen Formen ab, auf welche die Einteilung gegründet ist. Wenn wir auch durch die Beobachtung der jetzigen Fauna in allgemeinen Umrissen mit den zoogeographischen Verhältnissen der Meeresfaunen vertraut sind, so kann das für die Beurteilung der alten Formationen nur einen Fingerzeig, einen allerdings wertvollen ersten Anhaltspunkt geben, aber für jeden einzelnen Fall muß die Ausbreitung der einzelnen Formen rein empirisch festgestellt werden. Es ergeben sich dabei oft sehr merkwürdige Verhältnisse, die sich von vornherein nicht ahnen lassen; so zeigen z. B. die Jura-Ablagerungen Mittel- und Südeuropas viele Verwandtschaft und gemeinsame Arten mit jenen der indischen Halbinsel, des tropischen Ostafrika und der südamerikanischen Westküste, während z. B. der oberste Jura von Innerrußland von diesem Typus gänzlich abweicht und mit jenem in Grönland, auf Spitzbergen, im polaren Asien und Amerika, aber auch mit demjenigen der Himalajakette und des tibetanischen Hochlandes verwandt ist.

So entsteht die Notwendigkeit, für jeden Abschnitt die geographische Verbreitung der Tierformen zu untersuchen, wenn wir uns darüber klar werden wollen, bis zu welchem Grade sie für die Altersbestimmung weit voneinander entfernter Ablagerungen von Bedeutung sind. Indem wir diese Aufgabe zu lösen suchen, erhalten wir Resultate, welche auch nach andrer Richtung von großer Wichtigkeit sind. Wir rekonstruieren auf diesem Wege die zoogeographischen Provinzen der Vorzeit, und indem wir diejenigen Verhältnisse berücksichtigen, welche in der heutigen Schöpfung die Scheidung solcher Provinzen bedingen, können wir wieder auf die Ursachen zurückschließen, welche in verschiedenen alten Perioden analoge Wirkung ausübten; wir können die klimatischen Zonen, die Festländer und Meeresbecken der Urzeit wiederherstellen, wir erhalten den Schlüssel, der uns wenigstens in den rohesten Umrissen die Kenntnis der physischen Geographie der alten Formationen eröffnet.

Kehren wir zur Frage der Altersbestimmung zurück, so sind nach den bisherigen Auseinandersetzungen in erster Linie die nur in den feinsten Merkmalen voneinander abweichenden Mutationen für die Charakterisierung der Zonen geeignet, und in letzter Linie werden sie auch immer die sicherste Entscheidung geben, während sehr auffallenden Verschiedenheiten zwischen zwei Ablagerungen, dem Vorkommen ganz andrer Gattungen, als wesentlich von Faciesverhältnissen abhängig, unter Umständen keine entscheidende Bedeutung zukommt. Es tritt aber die Frage auf, ob denn immer in allen einzelnen Fällen auf diese in der Regel nicht leicht zu bestimmenden Formen zurückgegangen werden muß, ob nicht auch andre leicht kenntliche und scharf charakterisierte Formen zur Erkennung der Zonen führen können. Es ist das die Frage nach den „Leitmuscheln", welche namentlich in früherer Zeit eine so große Rolle gespielt haben und auch jetzt noch für lokale Untersuchungen und für praktische Zwecke von größter Wichtigkeit sind.

Streng genommen ist jede Form ein Leitfossil; jede unter ihnen hat nur einmal auf Erden existiert, längere oder kürzere Zeit, und ist also für diesen Zeitraum charakteristisch. Aber die langlebigen Typen, welche für einen langen Abschnitt bestimmend sind und durch eine größere Anzahl von Zonen hindurchreichen, sind deshalb zu präziser Altersbestimmung wenig geeignet. Wenn wir also von Leitfossilien im engern Sinne reden, so verstehen wir darunter leichtkenntliche, weitverbreitete, aber nur auf einen bestimmten, ganz kurzen Zeitabschnitt beschränkte Formen, welche diesen überall mit Leichtigkeit wiedererkennen lassen.

Solche plötzlich auftauchende neue Typen können zunächst infolge eines Facieswechsels erscheinen, und dann darf denselben kein andrer als ein sehr lokaler Wert beigelegt werden.

Anders verhält es sich dagegen mit einer zweiten Kategorie, mit denjenigen Typen, welche aus einer andern großen Meeresprovinz infolge der Eröffnung einer neuen Verbindung einwandern. Bei solchen Wanderungen darf man in der Regel nicht daran denken, daß die Tiere etwa in Scharen ausziehen, um ein neuerschlossenes Gebiet zu besiedeln, wie das allerdings bei dem Vorrücken der Wanderratte nach Europa und wohl noch in einzelnen andern Fällen geschehen sein mag[1]. Gewöhnlich aber erfolgen die Wanderungen in andrer und weit langsamerer Art. Nehmen wir z. B. ein Tier an, das im Alter an einem Punkte fest angesiedelt ist und nur in der Jugend frei umherschwimmt, wie das z. B. bei den Korallen, bei vielen Muscheln 2c. der Fall ist; die jungen Larven schwärmen aus, auf einen bestimmten Umkreis um das Muttertier, und setzen sich dann an irgend einer geeigneten Stelle fest. Ist nun durch eine geologische Veränderung ein neues Meeresgebiet eröffnet, so werden die jungen Individuen so weit in dieses eintreten, als sie überhaupt sich von ihrem Geburtsorte zu entfernen pflegen, und zwar wird dies bei einer Form rascher, bei einer andern langsamer vor sich gehen. Eine wesentliche Beschleunigung wird da eintreten, wo Meeresströmungen eine raschere Ausbreitung befördern. Die Individuen, welche dabei am weitesten in das neueröffnete Gebiet vorgedrungen sind, bilden in der nächsten Generation einen neuen Ausgangspunkt, und so wird allmählich Generation um Generation einen ganzen Ozean besiedeln.

Dieser Vorgang der Wanderungen ist bei manchen Typen gewiß ein sehr langsamer, die Erfahrung zeigt aber, daß die hierzu erforderliche Zeit viel geringer ist als die Dauer einer Zone, indem die neuen Ankömmlinge sich häufig in weit voneinander entlegenen Gegenden einer Provinz zeigen, ohne daß ein Zeitunterschied für verschiedene Teile dieser Provinz irgend bemerkbar wäre. Infolgedessen bilden solche Ankömmlinge aus einem andern Meeresbecken in der Regel vortreffliche Mittel zur leichten Wiedererkennung einer Zone, und in diesem Sinne stellen diese Vorkommnisse in Wirklichkeit ausgezeichnete Leitfossilien dar.

Immerhin bilden solche Verhältnisse nur ein Hilfsmittel; die eigentliche Entscheidung muß sich auf die Beobachtung der Mutationen stützen, und indem wir die Reihenfolge der einzelnen Abschnitte, der Zonen, auf diese Weise zu begründen und ihre Berechtigung zu prüfen suchen, erhalten wir auch die Möglichkeit, die wichtige Frage zu beantworten, ob die geologische Überlieferung große Lücken enthält. Soweit es möglich ist, Zone an Zone zu reihen und zusammenhängende Formenreihen in denselben zu verfolgen, deren einzelne Glieder nur in ganz geringfügigen Merkmalen voneinander abweichen, so weit kann keine Unterbrechung in der Schichtfolge vorhanden sein, deren Dauer für die Entwickelung des organischen Lebens in Betracht kommt. Ist eine solche überhaupt vorhanden, so muß sie kleiner sein als die kleinste meßbare Größe unsrer Chronologie und ist daher belanglos.

Leider ist die Wissenschaft noch nicht so weit, um eine solche Probe in allen Fällen mit Sicherheit anstellen zu können. Wir können zwar sagen, daß in der Regel ein inniger paläontologischer Zusammenhang zwischen den aufeinander folgenden Zonen vorhanden ist, der eine zusammenhängende Entwickelung beweist, und daß an einzelnen wenigen Punkten Unterbrechungen mit Sicherheit nachgewiesen werden können; aber daneben bestehen auch einige zweifelhafte Fälle, über die wir bei dem heutigen Stande unsrer Kenntnis noch nicht urteilen können.

Die Grenzen zwischen paläozoischer und mesozoischer Periode und zwischen Kreide- und Tertiärformation sind diejenigen Stellen, an welchen der Faden der organischen Entwickelung

[1] Daß die sich jährlich wiederholenden Wanderungen der Zugvögel, der Fische während der Laichzeit und einige verwandte Erscheinungen damit nicht verwechselt werden dürfen, bedarf wohl kaum einer Erwähnung.

plötzlich abreißt und große Lücken vorhanden zu sein scheinen; und an einzelnen andern Stellen bieten sich Schwierigkeiten geringerer Art. Wenn man jedoch diese Fälle aufmerksamer ins Auge faßt, so findet man, daß sie da vorliegen, wo sie nach den gegebenen Verhältnissen vermutet werden können; sie entsprechen entweder sehr verbreitet auftretenden versteinerungsleeren oder wenigstens sehr armen Ablagerungen oder einem über sehr weite Strecken sich geltend machenden, tief einschneidenden Facieswechsel. Diese Lücken sind also derartig, daß wir bei vollständigerer Kenntnis der Ablagerungen in wenig bekannten Erdteilen auf deren Ausfüllung hoffen können; eine erhebliche Lücke, die auf einen wirklichen Mangel an Ablagerungen aus einem größern Zeitraume hinwiese, ist nicht vorhanden.

Ehe wir den Folgerungen weiter nachgehen, welche aus dem bisher Besprochenen abgeleitet werden können, müssen wir eines Einwurfes gedenken, welcher gegen diese Auffassung erhoben werden kann. Wir haben gesehen, daß in weit voneinander entfernten oder durch Festland voneinander geschiedenen Meeresteilen die Entwickelung der Fauna in verschiedener Weise vor sich gehen kann. Es liegt daher auch die Annahme nahe, daß in einem Becken eine neue Tierwelt sich entwickelt, während in einem andern die alten Formen sich erhalten; und Ähnliches kann mit den Bewohnern des süßen Wassers und des festen Landes der Fall sein. So haben z. B. die Pflanzen und die Süßwasserkonchylien vieler jungtertiärer Ablagerungen in Europa große Verwandtschaft mit jetzt lebenden Typen aus China und Nordamerika. Von marinen Formen ist z. B. die Muschelgattung Trigonia in Europa in Jura und Kreide außerordentlich verbreitet; sie fehlt heute den europäischen Meeren, sie hat sich aber in den australischen Gewässern erhalten, und ebenso sind die in der Vorzeit überaus häufigen Astarten jetzt fast auf die Polarregionen beschränkt. In der mesozoischen Zeit enthält die alpine Trias noch eine Reihe paläozoischer Gattungen, wie Orthoceras, Spirigera, Retzia, welche im mitteleuropäischen Gebiete schon ausgestorben sind. Man kann ferner jetzt mit Bestimmtheit sagen, daß der Florentypus, den wir in Europa in den mesozoischen Ablagerungen finden, in Indien, Australien und Südafrika schon weit früher, zur Zeit der Kohlenformation, vorhanden war. Es fragt sich nun, ob das, was wir in diesen Beispielen gesehen haben, nicht bei ganzen Marinfaunen in ausgedehntem Maßstabe der Fall war. Wenn wir also z. B. eine Ablagerung etwa in Südamerika oder Australien nach der Übereinstimmung ihrer Meerestiere mit solchen des europäischen Jura dieser Formation einreihen, so entsteht die Frage, ob dieser Schluß berechtigt ist, oder ob diese sogenannte Jurafauna in jenen entlegenen Gegenden nicht früher gelebt hat als bei uns und sich erst später in unsern Gegenden verbreitet hat oder umgekehrt.

Dieser Einwurf ist von größter Wichtigkeit, er berührt geradezu die Grundlage des ganzen stratigraphischen Systemes, und wir müssen daher seine Bedeutung etwas näher prüfen. Die theoretische Möglichkeit solcher Verhältnisse muß natürlich unbedingt zugegeben werden; allein es handelt sich hier um eine Frage, die nicht durch theoretische Auseinandersetzungen, sondern nur durch die Beobachtung, durch Abwägung der Thatsachen entschieden werden kann. Dabei ergibt sich in erster Linie, daß alle die häufig genannten Beispiele, von denen oben die Rede war, sich nur darauf beziehen, daß einzelne Gattungen sich in gewissen Regionen länger erhalten oder früher erscheinen als an andern, oder auch, daß dies bezüglich ganzer Gesellschaften von Gattungen oder höherer Gruppen, von Familien ꝛc., stattfindet. Indes treten innerhalb dieser Gattungen oder Familien doch bei verschiedenem geologischen Alter andre Arten oder andre Mutationen auf, und da es gerade diese untersten und engsten Kategorien des Tier- und Pflanzenreiches sind, auf denen allein eine präzise Altersbestimmung rationellerweise aufgebaut werden kann, so ist in keinem der erwähnten Beispiele ein wirklicher Widerspruch gegeben. Wohl kommt es auch vor, daß einzelne Arten in einer Gegend etwas früher auftreten oder länger ausdauern als in einer andern, aber auch eine

einzelne Art ist für die Altersbestimmung nicht entscheidend, sondern wir gründen das Urteil stets auf ganze Gesellschaften von Arten; und dafür, daß solche etwa in einer Meeresprovinz durch längere Zeitabschnitte unverändert bleiben, während sie in einer andern schon mehrfache Veränderungen erfahren haben, liegt kein Anhaltspunkt vor. Wo immer wir die Faunen betrachten, finden wir sie in einem steten Wechsel begriffen, in welchem kein Aufenthalt und kein Stillstand zu beobachten sind, wenn auch z. B. in verschiedenen Meeresbecken die Umgestaltung nach verschiedener Richtung und in verschiedener Intensität vor sich gehen mag.

Es gehört zu den bemerkenswertesten und auffallendsten Erscheinungen in der historischen Geologie, daß oft in weit voneinander entfernten Gegenden, z. B. im Jura in Westeuropa und in Indien und, soweit unsre Erfahrung reicht, auch in Südamerika, ähnliche Tiergesellschaften, teilweise aus genau übereinstimmenden Arten zusammengesetzt, in so großer Regelmäßigkeit aufeinander folgen, daß dieselben Zonen in allen drei Gegenden festgehalten werden können. Die einzelnen Formen finden sich in derselben Reihenfolge und mit denselben Merkmalen in den drei weit entlegenen Regionen; und wir können daraus nur schließen, daß die Zeit, welche eine organische Form zu ihrer Verbreitung durch ein so gewaltiges Meeresbecken braucht, im Durchschnitte verschwindend klein gegen die Dauer einer Zone ist.

Alle diese Erfahrungen weisen darauf hin, daß eine wesentliche Fehlerquelle beim Vergleiche des geologischen Alters weit voneinander gelegener Ablagerungen darin nicht liegt, daß die einzelnen organischen Formen nicht überall gleichzeitig auftreten und verschwinden. Die hierdurch hervorgebrachten Unregelmäßigkeiten sind vielmehr so gering, daß sie auf unsre Methode der Altersbestimmung ohne Einfluß bleiben und auch die Schlüsse über das Vorhandensein oder Fehlen von Lücken in der Reihenfolge der Ablagerungen in keiner Weise beeinflussen.

Die Fossilreste.

Wenn aber auch keine erheblichen Lücken in der Aufeinanderfolge der Ablagerungen vorhanden zu sein scheinen, so sind dafür unsre Kenntnisse der Tier- und Pflanzenbevölkerung jedes einzelnen Abschnittes um so unvollständiger, und wir können mit Bestimmtheit sagen, daß wir nur einen ganz kleinen Bruchteil der Organismenformen kennen, welche in der Vorzeit die Erde bewohnt haben. Daß dies wirklich der Fall sei, davon ist wohl die große Mehrzahl aller Forscher überzeugt, dagegen herrscht wenig Klarheit, bis zu welchem Grade unsre Kenntnis lückenhaft ist, und der Natur der Sache nach ist es auch sehr schwierig, hierüber etwas Positives nachzuweisen. Immerhin ist es notwendig, uns wenigstens annähernd eine klare Vorstellung zu machen, wenn wir die Bedeutung der uns vorliegenden Versteinerungsreste richtig beurteilen sollen.

Die Zahl der jetzt lebenden Tierarten, welche beschrieben worden sind, beträgt weit über 200,000 und dürfte von 300,000 nicht mehr weit entfernt sein. Dem stehen von fossilen Tieren etwa 70—80,000 verschiedene Formen gegenüber. Bei den Pflanzen, deren in der heutigen Schöpfung etwa 130,000 Arten bekannt sind, ist das Verhältnis der fossilen Vertreter ein ungünstigeres. Etwas anders gestaltet sich allerdings die Sache, wenn wir z. B. bei den Tieren die Verteilung der Arten auf einzelne Abteilungen näher ins Auge fassen. Zunächst können alle diejenigen Geschöpfe, welche keine Hartteile, keine Schalen, Panzer oder Skelete, besitzen, sich nicht oder nur in sehr seltenen Ausnahmefällen erhalten, und auch von allen sehr zart gebildeten Formen mit Hartteilen werden nicht oft Reste aus früher Zeit auf uns kommen. Dadurch wird eine ganze Menge von Tiergruppen sofort ausgeschlossen;

Infusorien, Rädertierchen, Quallen, die skeletlosen Polypen, die meisten Würmer, die Manteltiere, die Copepoden unter den Krebsen und eine Menge andrer kommen bei den fossilen Formen gar nicht in Betracht.

Ein zweiter Punkt, welcher berücksichtigt werden muß, betrifft die Natur der Schichten, in welchen uns die fossilen Reste erhalten sind. Aus dem allerjüngsten, fast nur den letzten Moment der Erdgeschichte darstellenden Abschnitte, aus der Diluvialzeit, liegen uns meist nur Ablagerungen vor, die sich auf festem Lande oder in süßem Wasser gebildet haben. Der Grund dafür ist der, daß die Niveauveränderungen, welche seither im Verhältnisse von Land und Meer vor sich gegangen sind, nicht ausreichen, um diluviale Meeresablagerungen in großem Maßstabe trocken zu legen. In der Tertiärformation dominieren die marinen Schichten schon bedeutend, und in allen frühern Formationen haben diese in sehr hohem Grade das Übergewicht. So kommt es, daß unsre Kenntnis der Land- und Süßwassertiere eine sehr viel geringere ist als die der Meeresbewohner, und daß die Hauptmasse der fossilen Tierreste den letztern zugehört. Gerade entgegengesetzt verhält es sich in der Jetztwelt; die Bewohner des Landes und des süßen Wassers, die sogenannten Binnenorganismen, sind sehr stark in der Mehrzahl, und es gibt hier namentlich das unabsehbare Heer der Insekten den Ausschlag, welche etwa drei Viertel aller bisher aus der Jetztwelt bekannten Tierformen umfassen, während wir fossil davon etwa 3000—4000 kennen. Wenn wir dagegen diejenigen Tiergruppen betrachten, bei welchen die Bedingungen für die Erhaltung in fossilem Zustande am günstigsten sind, d. h. die mit soliden Hartteilen ausgestatteten Meeresbewohner, dann finden wir allerdings ein ganz entschiedenes Übergewicht der erloschenen Formen den jetzt lebenden gegenüber. Bei den Foraminiferen, Korallen, Seelilien, Seeigeln und Weichtieren oder Mollusken ist dies am meisten der Fall.

Dieses Verhältnis, daß die Zahl der fossilen Typen in vielen Abteilungen des Tierreiches die der lebenden bedeutend übertrifft, ist von vielen Seiten sehr auffallend und sonderbar gefunden worden; ja, man hat sogar die Vermutung ausgesprochen, daß die Paläontologen bei der Beschreibung der Versteinerungen nicht vorsichtig genug vorgegangen seien und vielfach auf ganz untergeordnete Abweichungen oder auf Zufälligkeiten des Erhaltungszustandes hin wesentlich miteinander übereinstimmende Formen als verschiedene Arten beschrieben haben. Eine solche Auffassung ist jedoch falsch und beruht lediglich auf einer Verkennung des Wesens der geologischen und paläontologischen Überlieferung. Hätten wir es in den ausgestorbenen Tieren lediglich mit den Vertretern eines einzigen Abschnittes der Erdgeschichte zu thun, welcher der Jetztzeit an Bedeutung ungefähr entspricht, hätten die untergegangenen Formen alle gleichzeitig gelebt, dann wäre ein solches Erstaunen über die Formenmenge allerdings am Platze. In Wahrheit aber haben wir es mit den Repräsentanten einer sehr großen Anzahl aufeinander folgender Abschnitte zu thun, so daß auf jeden einzelnen nur eine ganz beschränkte Zahl verschiedener Arten kommt.

Es ist sehr schwierig, eine Schätzung des Anteiles der alten Faunen vorzunehmen, der uns erhalten worden ist; ja, in vielen Fällen stößt selbst der Versuch, auch nur die rohesten Annäherungswerte zu erhalten, auf unüberwindliche Hindernisse. Für eine der am genauesten bekannten Formationen, für den Jura, soll in einem spätern Abschnitte gezeigt werden, daß aller Wahrscheinlichkeit nach die Meeresfauna während eines jeden seiner Abschnitte ebenso reich war, wie sie heute ist, und wenn man die Zahl der aufeinander folgenden Abschnitte berücksichtigt, welche der Jura umfaßt, so kommt man zu dem Ergebnisse, daß während der einzelnen Abteilungen desselben zusammen $^1/_2$ bis $^3/_4$ Million mit Hartteilen versehener Meerestiere existiert haben müssen, von denen wir höchstens 10,000 kennen. In einigen andern Perioden stellt sich aber das Verhältnis ungleich ungünstiger. Wir kommen daher zu dem Ergebnisse, daß wir innerhalb der für die Erhaltung geeignetsten Abteilungen des

Tierreiches gewiß nicht ein Prozent der Formen kennen; und natürlich ist bei den Land- und Süßwasserbewohnern sowie bei den Pflanzen ein noch weit geringerer Teil überliefert worden.

Selbstverständlich übt diese Dürftigkeit der paläontologischen Überlieferung den größten Einfluß aus auf die Resultate der historischen Geologie. Schon bei der Aufstellung von Parallelen zwischen weit voneinander entlegenen Gegenden und der Herstellung der gesamten Schichtfolge entstehen Schwierigkeiten, wenn auch in geringerm Maße, als man im ersten Augenblicke glauben sollte. Wenn wir nicht ein Prozent der marinen Fauna kennen, so sollte man die Aufstellung von Formenreihen für unmöglich halten, und man sollte glauben, daß an jeder Lokalität wieder andre Arten auftreten. Doch ist dies nicht der Fall; gewisse in ungeheurer Häufigkeit vorkommende Typen kehren überall wieder, und unter diesen gelingt auch der Nachweis von Abstammungsreihen.

Es ist ganz besonders Ein Umstand, welcher die Erreichung dieses Zieles erleichtert. Es war schon oben von dem Gegensatze zwischen den lokalen oder wenigstens relativ wenig verbreiteten Faunen der Küstenregion und den universellen Faunen der Tiefsee die Rede; in der Jetztwelt sind uns die erstern sehr genau bekannt und leicht zugänglich, während die letztern viel weniger untersucht sind und die Aufsammlung ihrer Tierformen der Natur der Sache nach mit großen Schwierigkeiten verbunden ist. Ähnlich verhält es sich mit den geologisch jüngsten Ablagerungen, weil seit der Bildung derselben in der Regel geologische Veränderungen nicht stattgefunden haben, welche im stande wären, Sedimente aus größern Meerestiefen über den Meeresspiegel emporzubringen. In je ältere Abschnitte der Erdgeschichte wir aber zurückgehen, um so größer sind die geologischen Veränderungen, welche seither vor sich gegangen sind, um so mehr aus tiefem Wasser abgesetzte Gesteine werden durch dieselben an die Oberfläche gelangt sein. Anderseits ergibt eine einfache Betrachtung, daß Seichtwasserbildungen der Zerstörung durch denudierende Kräfte ganz besonders ausgesetzt sind; treten sie über den Meeresspiegel hervor, so nagt sofort die vernichtende Brandung an ihnen. Dagegen lagern sich über Tiefwasserbildungen, ehe sie emportauchen, während des langen Zeitraumes der Aufwärtsbewegung oder des Sinkens des Meeresspiegels Sedimente aus seichtem Wasser ab, die ihnen beim Passieren des Brandungsgürtels zum Schutze dienen. Aber auch in späterer Zeit wird ein ähnliches Verhältnis bestehen; wenn marine Schichten ohne Störung der horizontalen Lagerung über die Oberfläche des Meeres emportreten, so werden natürlich die Seichtwasserbildungen in einem viel höhern Niveau liegen als die Tiefseeablagerungen desselben Zeitraumes, und da die Denudation mit der Höhenlage über dem Meere zunimmt (vgl. Bd. I, S. 443 ff.), so werden auch hier wieder die Seichtwasserbildungen am meisten der Zerstörung unterliegen.

Diese verschiedenen Ursachen bewirken, daß in alten Formationen die Tiefseeablagerungen mit ihrer ziemlich gleichartigen Bevölkerung verhältnismäßig sehr stark entwickelt sind, und dadurch wird natürlich der Vergleich der verschiedenen Gebilde aus weit voneinander entlegenen Gegenden und die Herstellung von Formenreihen wesentlich erleichtert.

Von viel größerm Einflusse sind natürlich die Hindernisse, welche die Armut der paläontologischen Überlieferung einer zweiten Hauptaufgabe unsrer Betrachtung, der Rekonstruktion der Tier- und Pflanzenwelt in frühern Perioden, entgegensetzt. Zwar können wir hier die großen Hauptzüge in allgemeinen Umrissen darstellen, aber wir müssen uns in diesem Punkte mehr als an irgend einer andern Stelle klar sein, wie dürftig unser Wissen ist. Wir müssen uns daran erinnern, daß uns z. B. aus der ganzen kambrischen Formation bis jetzt nur Tiefseetiere bekannt sind, daß uns von der ganzen Landfauna des Silur Ein Insekt und Ein Skorpion erhalten sind, und daß wir von der Landfauna der Devonformation nur sehr wenig mehr wissen. Eine ganz eigentümliche Ordnung der Krebstiere, welche sich mit keinem andern Typus auch nur entfernt vergleichen läßt, ist durch ein einziges Exemplar aus der

Kohlenformation von Herborn vertreten (Bostrichopus). Säugetiere sind im Jura und im Tertiär gefunden worden und müssen daher auch in der zeitlich zwischen beiden liegenden Kreideformation existiert haben, aber noch hat diese nicht die kleinste Spur eines Säugers geliefert. Solche Beispiele ließen sich noch eine Menge aus den verschiedensten Teilen der Organismenwelt anführen, und es bedarf wohl keiner weitern Auseinandersetzung, um zu zeigen, wie mangelhaft demnach unser Wissen in dieser Beziehung ist.

Aber nicht nur die geringe Zahl, auch die Art und Weise der Erhaltung erschwert unsre Aufgabe. Alle Weichteile sind fast ausnahmslos verschwunden, nur die Hartteile sind erhalten: die Schalen von Foraminiferen, Mollusken, die Gerüste von Korallen, Echinodermen, die Panzer von Krebstieren, die Skelete von Wirbeltieren. Jedoch auch die einzelnen Exemplare sind oft zerbrochen und beschädigt, und wo die Hartteile aus mehreren Teilen zusammengesetzt sind, wie z. B. bei den Wirbeltieren, da zerfallen sie in der Regel, so daß

Trigonia navis aus dem mittlern Jura Württembergs. 1. Erhaltenes Exemplar. — 2 und 3. Steinkern (von vorn und von der Seite).

man es dann meist mit isolierten Zähnen, Knochen, Schuppen oder Panzerstücken zu thun hat. Noch schlimmer steht es mit den Pflanzen, deren einzelne Blätter, Früchte, Zweige, Stammstücke oder Wurzeln man findet, während Exemplare, an denen man mehreres vereinigt sieht, zu den großen Seltenheiten gehören. In der Regel ist man gezwungen, nach dem etwas unsichern Kennzeichen des Verlaufes der Blattnerven die Bestimmung vorzunehmen.

Endlich entstellen die verschiedenen mechanischen und chemischen Prozesse der Fossilisation die Überreste häufig im höchsten Grade. Nur zu oft findet man bloß den Abdruck oder den innern Ausguß, den sogenannten Steinkern, vor, und natürlich machen sich alle diese Hindernisse auch geltend, wenn wir aus den einzelnen Daten der Paläontologie die Organismenwelt der einzelnen Perioden wiederherzustellen suchen. So groß aber auch die im Wege stehenden Hindernisse sind, so ist es doch unablässiger, mühevoller Arbeit gelungen, einen nicht geringen Teil derselben zu überwinden und wenigstens die großen Hauptzüge einer Geschichte der Entwickelung des Lebens festzustellen.

Digitized by Google

Physische Geographie früherer Perioden.

Mit den bisher genannten sind jedoch die Aufgaben der historischen Geologie nicht erschöpft. Wir lernen die Verteilung der Sedimente des Meeres, des süßen Wassers und des Landes aus den einzelnen Perioden und die Verbreitung der Organismen kennen, und damit sind wir in stand gesetzt, über die physische Geographie der einzelnen Abschnitte in der Geschichte der Vorwelt Schlüsse abzuleiten. Wir müssen uns an das schwierige Problem wagen, die Festländer und Meeresbecken zur Zeit der Ablagerung der einzelnen Schichtkomplexe zu rekonstruieren und die Temperaturverhältnisse festzustellen, welche damals auf der Erdoberfläche herrschten. Allerdings stehen wir in dieser Beziehung noch in den ersten Anfängen eines richtigen Erkennens, aber alle Resultate, die wir in dieser Richtung erzielen können, sind von so großer und für die verschiedensten Gebiete der Geologie tief eingreifender Bedeutung, daß gerade dieser Gegenstand die gespannte Aufmerksamkeit verdient und bei keiner Untersuchung außer Augen gelassen werden sollte.

Über die Temperaturverhältnisse früherer Perioden sind schon viele Hypothesen aufgestellt worden. In erster Linie waren für dieselben lange Zeit hindurch die Land- und Süßwasserbewohner maßgebend. Man fand in den ältesten Ablagerungen, welche eine reichere Landflora enthalten, neben ganz fremdartigen Typen in den verschiedensten Gegenden Baumfarne und Sagopalmen, welche heute nur in warmen Gegenden leben; auch später, in der mesozoischen Zeit, sind diese beiden Typen sehr verbreitet, und ebenso finden wir beim Erscheinen der ersten Blütenpflanzen in der obern Kreide vorwiegend Formen, welche heute unter den Tropen leben. In gleicher Weise sind die Insekten der ältern Perioden größtenteils mit Typen der heißen Zonen nahe verwandt, und auch bei den Meerestieren treffen wir manche analoge Erscheinungen an, z. B. das Auftreten von Riffkorallen im hohen Norden. Ebenso findet man beim Beginne der Tertiärzeit z. B. in Europa eine Organismenwelt, welche durchaus tropischen Typus hat; jedoch ist eine Gliederung in klimatische Zonen sehr deutlich bemerkbar, und im Verlaufe des Tertiär treten die Formen der äquatorialen Region mehr und mehr zurück und machen solchen der gemäßigten Gegenden Platz. Vor allem sind in dieser Richtung die Untersuchungen von Heer über die fossilen Floren der Polargegenden von großer Wichtigkeit, welcher für den hohen Norden eine ähnliche Veränderung im Verlaufe der Tertiärzeit nachwies, nur mit dem Unterschiede, daß in Grönland rc. die Typen, deren Verwandte heute in kältern Gegenden leben, immer schon in etwas ältern Schichten vorkommen als in Europa.

Die Schlüsse, welche man aus diesen Erscheinungen zog, waren sehr weittragender Art. Man nahm an, daß vom ersten Auftreten der Organismen an bis zum Ende der Kreidezeit ein heißes Klima über die ganze Erde, von den Polen bis zum Äquator, geherrscht habe, und daß erst seit Beginn der Tertiärzeit eine allmähliche Abkühlung bis zu dem heutigen Zustande und gleichzeitig eine Gliederung in klimatische Zonen eingetreten sei.

Diese Ansicht war wohl längere Zeit hindurch ziemlich allgemein, aber naturgemäß mußten schwere Bedenken gegen dieselbe aufkommen. Es ist in erster Linie schwer faßbar, durch welche Faktoren denn in vortertiärer Zeit von den Polen bis zum Äquator gleichmäßige Temperatur hervorgebracht wurde, obwohl doch damals wie heute offenbar die Polarregionen weniger Sonnenwärme erhielten als die Tropen. Man glaubte, daß die innere Erdwärme damals so bedeutend war, daß durch diese unterirdische Heizung die klimatischen Unterschiede ausgeglichen worden seien. Allein eine solche Annahme stößt auf außerordentliche Schwierigkeiten, die wir in einem spätern Abschnitte kennen lernen werden. Wir können überhaupt auf die Ursachen der klimatischen Verhältnisse der Vorzeit noch nicht eingehen, da wir die zu erklärenden Thatsachen noch viel zu wenig kennen.

Alle Diskussionen über diesen Gegenstand erinnern nur allzu lebhaft an den Streit, warum ein mit Wasser gefülltes Becken nicht schwerer wird, wenn man einen Fisch hineinwirft. Der Glaube, daß dies der Fall sei, war im Mittelalter weit verbreitet, und eine Anzahl von Gelehrten wurde beauftragt, den Grund dieser Erscheinung anzugeben. Trotz langer Debatten konnte kein Ergebnis erzielt werden, bis einer der Gelehrten den klugen Vorschlag machte, ein Wasserbecken auf eine Wage zu stellen und dann einen Fisch hineinzuwerfen. Wir stehen heute auf demselben Standpunkte; es handelt sich darum, erst allmählich die Thatsachen zu sammeln, und dann erst wird man nach den Ursachen forschen können.

Wir gehen hier nicht auf die einzelnen Erscheinungen ein, welche das Studium der verschiedenen Formationen erkennen läßt, zumal wir bei der Schilderung der letztern den Gegenstand stets im Auge behalten werden; an dieser Stelle ist es nur unsre Aufgabe, einige fundamentale Thatsachen kennen zu lernen und die Methoden zu prüfen, welche bei derartigen Untersuchungen angewendet werden.

Wohl die erste und tiefgreifendste Erschütterung des Glaubens an eine früher allgemein herrschende hohe Temperatur brachte die Entdeckung mit sich, daß zwischen der Tertiärzeit mit ihrem aller Wahrscheinlichkeit nach warmen Klima und der Jetztzeit eine Kälteperiode, die bekannte und vielbesprochene Eiszeit, Platz gegriffen hat. Hätte wirklich in alten Perioden die innere Erdwärme erhöhte Temperatur verursacht, so müßte von der Urzeit bis heute eine langsam und gleichmäßig fortschreitende Abkühlung stattgefunden haben, und eine Wiederkehr wärmern Klimas in der jetzigen Periode nach Schluß der Eiszeit schien demnach mit jener Hypothese unvereinbar. Wohl ist, wie wir später sehen werden, die Beweiskraft dieses Argumentes keine so große, wie sie auf den ersten Blick zu sein scheint, aber jedenfalls war die Wirkung desselben eine bedeutende. Ging man doch so weit, für frühere Abschnitte der Erdgeschichte eine sehr oftmalige periodische Wiederkehr von ähnlichen Kälteperioden anzunehmen, so daß diese in einer langen Reihe mit Wärmeperioden abwechseln sollten. Obwohl nun diese Annahme der nötigen Begründung entbehrt, so läßt sich doch kaum mehr in Abrede stellen, daß aus einzelnen Formationen, namentlich aus den letzten Phasen der paläozoischen Ära, Erscheinungen vorliegen, die kaum anders als durch die Wirkung großer Eismassen erklärt werden können.

Will man weiter in die Prüfung des Problemes eingehen, so hat man zwei Fragen voneinander zu trennen, die sich zwar in vielen Punkten berühren und miteinander zusammenhängen, aber doch selbständig zur Entscheidung kommen müssen. Einerseits handelt es sich um die Gleichmäßigkeit des Klimas vom Pole bis zum Äquator, anderseits um den Temperaturgrad, welcher vorhanden war. Wir beschäftigen uns zunächst mit dem letztern Gegenstande. Die Methode, welche hierbei zur Anwendung gelangt, ist eine sehr einfache, man sucht die nächsten lebenden Verwandten der fossilen Formen auf und nimmt dann an, daß jene geologisch alten Typen unter denselben äußern Bedingungen, namentlich unter denselben klimatischen Verhältnissen, gelebt haben wie deren lebende Analoga. Hierbei zeigt es sich sehr häufig, namentlich unter den Landbewohnern, daß speziell tropische Formen in unsern Gegenden und auch in hohen Breiten in den alten Ablagerungen gefunden werden. Aus solchen Vorkommnissen wird im allgemeinen auf warme Temperatur geschlossen, oft aber geht man weiter und sucht aus dem Charakter einer lokalen Flora oder Fauna geradezu auf die mittlere Jahrestemperatur zu schließen, welche an einem bestimmten Punkte während einer der alten Formationen herrschte.

Der Wert aller dieser Schlüsse hängt von der Richtigkeit der Annahmen ab, daß nahe miteinander verwandte Formen unter denselben oder sehr ähnlichen klimatischen Verhältnissen leben müssen, und daß im Laufe langer geologischer Perioden keine Akklimatisation stattfinden könne. Sobald diese Voraussetzungen sich als irrig erweisen oder nicht beweisen

werden können, fallen natürlich alle die Folgerungen in sich zusammen. Wenn wir nun an die Prüfung dieser Voraussetzungen gehen, stoßen wir sofort auf eine Menge auffallender Widersprüche: so müssen z. B. Elefant und Nashorn nach ihrem jetzigen Vorkommen in Afrika und Indien als eminente Charaktertiere heißer Gegenden betrachtet werden, und doch weiß man, daß Angehörige dieser beiden Gattungen in der Diluvialzeit unter einem kalten Klima gelebt haben; man findet ihre Reste im sibirischen Eisboden, und die Speiseüberreste, die man in ihren Zähnen gefunden hat, rühren von hochnordischen Pflanzen her. Anderseits weiß man, daß in der jetzigen Schöpfung eine und dieselbe Art unter verschiedenen Himmelsstrichen lebt, und daß sehr nahe miteinander verwandte Formen unter kontrastierenden äußern Verhältnissen leben, wie z. B. die Füchse, die in einander ganz nahe stehenden Arten von den kältesten bis zu den heißesten Gegenden vorkommen.

Von großer Wichtigkeit ist für unsern Gegenstand vor allem die Beobachtung, daß in den alten Formationen zwar tropische Typen eine sehr hervorragende Rolle spielen, daß aber neben ihnen auch Tiere und Pflanzen auftreten, wie sie heute den kältern Regionen eigen sind. So finden sich in der Flora der böhmischen Kreideformation neben einer Reihe tropischer Formen auch Kirsche, Weide und Epheu. Eine der häufigsten und bezeichnendsten Muschelgattungen der ältern Ablagerungen, die Gattung Astarte, ist heute fast auf die nordischen Meere beschränkt, und dasselbe gilt von der Gattung Cyprina, welche ebenfalls in der Vorzeit weit verbreitet war. Die Trigonien, vielleicht die bezeichnendsten Muscheln in Jura und Kreide, finden sich jetzt an der Südküste von Australien, und die Haifischsippe Selache, welche in der Kreideformation Europas vorkommt, ist heute an der grönländischen Küste heimisch. Unter den marinen Tieren werden die Riffkorallen als der auffallendste Beleg für die heiße Temperatur der alten Formationen angeführt; heute bedürfen dieselben zu üppigem Gedeihen einer Wassertemperatur, die nie unter 20° C. fällt, und doch finden wir paläozoische Korallen jenseit des 70.° nördlicher Breite. Einen durchaus analogen Fall, der aber genau das Gegenteil zu beweisen scheint, sehen wir bei den Mooskorallen oder Bryozoen, deren fossil vorkommende Vertreter in zwei Abteilungen, die Chilostomen und die Cyklostomen, zerfallen; die erstern finden sich vorwiegend in jüngern Ablagerungen, wogegen in den ältern die Cyklostomen vollständig dominieren, welche heute die **kalten** Meere bewohnen.

Solche Beispiele zeigen, daß die weitgehendsten Akklimatisationen vor sich gegangen sind, mögen nun Organismen wärmerer Regionen sich an die Kälte gewöhnt haben oder umgekehrt. Es geht aber auch daraus hervor, daß keineswegs alle die fossilen Formen übereinstimmend auf warmes Klima verweisen. Überhaupt findet man oft genug bei näherer Prüfung, daß die in dieser Beziehung vorgebrachten Belege einer Kritik in keiner Weise standhalten. So hört man z. B. oft die Behauptung, daß das Vorkommen der sogenannten Ammoniten in den mesozoischen Ablagerungen für tropische Wärme spreche. Die Ammoniten waren Weichtiere aus der Klasse der Kopffüßler oder Cephalopoden, zu welchen z. B. die sogenannten Tintenfische, der Nautilus und viele andre gehören. Alle Ammoniten sind mit einer Schale versehen, welche durch eine große Anzahl von Querscheidewänden in Kammern geteilt ist; in der letzten dieser Kammern wohnt das Tier, während die übrigen mit Luft gefüllt sind. Eine ähnliche Einrichtung finden wir jetzt nur beim Nautilus, welcher in den heißen Meeren lebt, und das genügte, um für alle Ammoniten dasselbe anzunehmen, wobei man namentlich auf das Vorkommen sehr großer Ammoniten Wert legte. Nun gehört aber Nautilus einer ganz andern Abteilung der Cephalopoden an als die Ammoniten, so daß ein solcher Schluß durchaus unberechtigt ist. Was aber die bedeutende Größe mancher Ammoniten anlangt, so beweist dieselbe noch weniger; in unsern Meeren kommen, allerdings sehr selten, riesig große Cephalopoden vor, wahre Ungeheuer, die mit

ausgestreckten Armen eine Länge von mehr als 12 m erreichen. Diese gewaltigen Tiere finden sich jedoch vorwiegend in den Meeren der gemäßigten Zone, am meisten im Nordatlantischen Ozeane.

Erweist sich somit manches Argument, das oft gebraucht worden ist, als unrichtig, so ändert es doch nichts an der Thatsache, daß in den alten Formationen und vor allem unter den Landorganismen tropische Typen sehr verbreitet sind. Es fragt sich daher, was aus diesem Umstande gefolgert werden kann, und wie sich diese Thatsache erklären läßt, denn wenn auch Akklimatisationen vorkommen, so sieht man noch nicht ein, warum gerade tropische Formen hier vorwiegen.

Um die Bedeutung dieser Erscheinungen zu begreifen, müssen wir die Verhältnisse der Konkurrenz zwischen den Organismen verschiedener Wohnräume ins Auge fassen. Pflanzen und Tiere der großen Kontinente, die auf kleine ozeanische Inseln verpflanzt wurden, haben sich der einheimischen Fauna und Flora überall entschieden überlegen gezeigt. Vor den eingeschleppten europäischen und amerikanischen Unkräutern, die sich rapid vermehren und verbreiten, verschwindet die einheimische Flora der kleinen ozeanischen Inseln und Neuseelands wie vor einer mörderischen Pest, und mit ihr gehen zahlreiche Tiere unter, welche von den autochthonen Pflanzen lebten. Es kommt dies daher, daß die Organismen großer Festlandsmassen unter sich einen erbitterten Kampf ums Dasein führen, daß die Konkurrenz derselben eine äußerst heftige ist. Die Formen, welche in dieser Schule gehärtet sind, verdrängen die kleinen Floren und Faunen der Inseln, die einen sehr geringen Konkurrenzkampf zu bestehen hatten, mit derselben Leichtigkeit, wie der weiße Mann die wilde Bevölkerung von Tasmanien, Neuseeland ꝛc. überwunden und teils ausgerottet, teils dem Aussterben nahegebracht hat.

Die großen Festlandsmassen, welche diese zähen und siegreichen Konkurrenten im Kampfe ums Dasein hervorbringen, sind heute vorwiegend im gemäßigten und nördlichen Teile der nördlichen Halbkugel angehäuft; hier liegen Europa, Nord- und Mittelasien, Nordamerika, und in der That heben verschiedene Forscher die große „aggressive Stärke“ der Organismen der nördlichen gemäßigten Länder hervor, welche sie nicht nur auf ozeanischen Inseln, sondern überall bewährt, wohin sie gelangen. Diese Konzentration großer Festlandsmassen in der nördlichen Halbkugel ist aber nicht eine Erscheinung der Jetztzeit, sondern seit uralter Zeit, seit der Steinkohlenformation, finden wir hier mächtige Festlandssockel vorhanden. Dieselben wurden zwar zeitweilig und teilweise vom Meere überflutet, aber nie ist, wie wir später sehen werden, der Charakter starker Landanhäufung auf der nördlichen Hemisphäre seit der Kohlenformation ganz verschwunden. Es konnte sich also hier seit früher Urzeit immer eine in heftigem Kampfe ums Dasein gestählte Organismenwelt festsetzen, welche immer neue Typen produzierte, die dann allmählich ihren Siegeszug nach Süden antraten. Im Süden konnten sie sich akklimatisieren, sie erhielten sich, verweichlichten aber dabei, während auf den nördlichen Kontinentalmassen in der Zwischenzeit sich neue Formen gebildet hatten.

Wir sehen also, daß es für die sogenannte Polflüchtigkeit der Organismen zweierlei Erklärungen gibt. Die eine nimmt an, daß die ursprünglich auch im Norden angesiedelten Organismen eines warmen Klimas bei der allmählich eintretenden Abkühlung dort ausgestorben oder nach Süden gedrängt und durch neue, der Kälte angepaßte Formen ersetzt worden seien. Die andre Erklärung bedarf keiner Temperaturabnahme, sie betrachtet dieselben Erscheinungen lediglich als die Folge des steten Vordringens der Organismen der großen Landmassen infolge ihrer Kraft im Kampfe ums Dasein.

Forschen wir nun nach einem Kriterium, welches uns in dieser Frage eine Entscheidung gestattet, so finden wir ein solches in der heutigen Verbreitung der Organismen. Liegt die Ursache in einer allmählichen Abkühlung des Klimas der Erde, dann müssen die

geologisch ältesten Landbevölkerungen in den heißesten Regionen der Erde leben; ist dagegen die zweite Annahme richtig, dann müssen wir dieselben nicht hier, sondern südlich von den Wendekreisen auf den Inseln der südlichen gemäßigten Zone oder auf den südlichen Enden der Kontinentalmassen finden. In der That ist das letztere der Fall: unter den größern Landkomplexen der Erde hat entschieden Neuseeland die altertümlichste Fauna; Säugetiere fehlen daselbst, statt ihrer waren bis vor kurzem zahlreiche große, straußähnliche Vögel (Dinornis) vorhanden, und unter den Reptilien finden wir in Hatteria, der sogenannten Brücken-Echse, ein unter den lebenden Formen durchaus fremd und isoliert dastehendes Geschöpf, welches nur mit den Reptilien des ältern Teiles der mesozoischen Periode verglichen werden kann. Nächst Neuseeland ist die australische Region durch die altertümlichen Charaktere ihrer Fauna ausgezeichnet. Die höher organisierten placentalen Säugetiere fehlen dort noch, es sind nur Monotremen (Schnabeltiere ꝛc.) und Beuteltiere vorhanden, also eine Entwickelung, die sich mit den vortertiären Vorkommnissen in Europa vergleichen läßt. Diese Fauna ist speziell auf dem Gebiete zwischen 10 und 40° südlicher Breite entwickelt, aber ihre extremste und kräftigste Ausbildung findet sie auf dem noch weiter südlich gelegenen Tasmanien. Auch Madagaskar ist durch eine altertümliche Säugetierfauna ausgezeichnet.

Diese Verhältnisse weisen also darauf hin, daß nicht in einer steten Abnahme der Temperatur die Ursache für das Vorrücken nordischer Arten gegen Süden gegeben ist, und daß für solche klimatische Änderungen in den bisher besprochenen Erscheinungen kein Beweis liegt. Aber man darf auch in der entgegengesetzten Richtung nicht zu weit gehen und dem Charakter der Fauna und Flora alle und jede Beweiskraft absprechen. Die Akklimatisation ist jedenfalls ein Vorgang, der nur sehr allmählich vor sich geht, und es wird sich daher die Unzuverlässigkeit der Methode namentlich bei den alten und sehr alten Formationen am meisten geltend machen. Dagegen wird man dem Typus der Organismen bei jüngern Ablagerungen jedenfalls in ausgedehntem Maße Rechnung tragen müssen. Wenn wir z. B. in einer diluvialen Ablagerung Reste der Zwergbirke, des Renntieres, des Moschusochsen, des nordischen Vielfraßes, des Halsbandlemmings und des Polarfuchses und etwa einige Landschnecken finden, die heute nahe dem Polarkreise oder in den Hochalpen vorkommen, so werden wir daraus jedenfalls auf ein kaltes Klima schließen dürfen. Ebenso liegen auch wohl die Schichten der Tertiärzeit unsrer Epoche noch nahe genug, daß man aus den Fossilresten auf ein sehr warmes Klima schließen darf, welches zu Beginn des Tertiär herrschte und sich dann allmählich abkühlte. Dagegen geht man sicherlich über die Grenze der thatsächlichen Verhältnisse viel zu weit hinaus, wenn man aus der Flora, die an irgend einer Tertiärlokalität vorkommt, sogar die damalige mittlere Jahrestemperatur jener Örtlichkeit bestimmen will.

Speziell für die ältern Formationen ist der Wert der besprochenen Methode ein höchst problematischer; hier aus dem Charakter von Fauna und Flora irgend einen Schluß ableiten zu wollen, ist sehr gewagt. Von entschieden größerer Bedeutung ist eine andre Art der Untersuchung, welche die Verbreitung der einzelnen Typen innerhalb der verschiedenen Formationen verfolgt. Hier wird in erster Linie gar keine Rücksicht darauf genommen, ob die nächsten lebenden Verwandten in warmem oder kaltem Klima leben, sondern es ist nur die Frage, ob in den alten Perioden Unterschiede in der geographischen Verbreitung hervortreten, die mit der größern oder geringern Entfernung vom Pole zusammenhängen. Auf diese Weise wird zunächst freilich nur der Nachweis geliefert, ob eine Gliederung in klimatische Zonen in einem bestimmten Zeitraume existiert hat oder nicht; allein wenn das auch ein sehr eng gestecktes Ziel ist, so wäre es doch schon ein sehr wesentlicher Fortschritt, wenn dasselbe für alle Abschnitte der Erdgeschichte gelöst werden könnte. Erst wenn dies geschehen sein wird, und wenn wir die Grenzen der durch die

Meerestemperatur bedingten „homoiozoischen Gürtel“, der Zonen mit analoger Meeresfauna, für jede Formation annähernd festgestellt haben werden, kann man an einen weitern Fortschritt denken. Erst dann wird man die Frage in Angriff nehmen dürfen, ob überhaupt früher durchaus ein wärmeres Klima herrschte, oder ob wärmere und kältere Abschnitte miteinander wechselten, und welche Perioden der Erdgeschichte in die eine oder in die andre Abteilung gerechnet werden müssen.

Natürlich ist für solche Untersuchungen vor allen Dingen eine ausgebreitete Kenntnis der Verbreitung und Entwickelung notwendig, welche die verschiedenen Formationen über die ganze Erde hin besitzen. Glücklicherweise haben die letzten Zeiten gerade in dieser Hinsicht eine sehr große und erfreuliche Erweiterung unsrer Kenntnis gebracht, und unser Wissen schreitet in dieser Richtung von Jahr zu Jahr rüstig vorwärts. Die Reiseunternehmungen in ferne Gegenden werden immer häufiger, immer neue Gebiete werden der Wissenschaft erschlossen, und mehr und mehr nimmt auch bei den kühnen Pionieren in fremden Weltteilen und bei denjenigen, welche die Reisen planen und organisieren, das Bewußtsein überhand, daß es nicht genüge, weite Gebiete zu durchstreifen und Karten und geographische Notizen mitzubringen, sondern daß auch Materialien für die Naturkunde der Länder gesammelt werden müssen.

Allerdings bieten in der Regel die Thatsachen, welche vorliegen, nicht sofort ein klares Bild, aus welchem sich die Einflüsse klimatischer Verhältnisse leicht erkennen lassen. Ablagerungen, die in stark verschiedener Faciesentwickelung auftreten, lassen sich kaum miteinander vergleichen, Abweichungen, welche durch geographische Trennung, durch Zugehörigkeit zu verschiedenen durch Kontinente getrennten Meeresbecken oder zu verschiedenen Landmassen bedingt sind, müssen von jenen unterschieden werden, welche auf Temperaturverhältnisse zurückgeführt werden dürfen. Überhaupt ist es notwendig, sich eine Vorstellung von der Verteilung von Wasser und Land während der einzelnen Perioden zu machen.

Wir gelangen damit zu einem weitern, dem schwierigsten Probleme der historischen Geologie, der Rekonstruktion der alten Festländer und Meeresbecken. Obgleich es auf den ersten Blick sehr einfach scheint, auf den geologischen Karten nachzusehen, in welchen Gegenden für jede einzelne Formation Meeresablagerungen verzeichnet sind, und diese Regionen als die damaligen Meere zu betrachten, zeigt doch die flüchtigste Überlegung die vollständige Unzulänglichkeit einer solchen Methode. Die ungeheure Wirkung der Denudation, welche mächtige Schichtsysteme zerstört, wäre dabei vollständig unberücksichtigt gelassen, und für alle jene Gegenden, welche heute vom Meere bedeckt sind, wäre überhaupt jede Möglichkeit der Kombination abgeschnitten. In erster Linie ist es wieder die Verbreitung der verschiedenen Tier- und Pflanzenformen, welche hier leiten muß; ferner muß der Charakter der einzelnen Ablagerungen sorgsam beachtet werden, ob dieselben in der Nähe der Küste oder in offenem Meere gebildet sind. Eine Reihe scheinbar unbedeutender feiner Züge ist zu berücksichtigen, um zu einem Resultate zu gelangen. Natürlich wird es niemals gelingen, auch nur einigermaßen genaue Karten der Verteilung von Wasser und Land während der einzelnen Abschnitte zu entwerfen; die Gliederung der Kontinente, die Lage der Inseln, die gewiß zu jeder Zeit in zahlloser Menge wie heute vorhanden waren, werden uns zum weitaus größten Teile niemals bekannt werden, wir können nur die ungefähre Lage der Kontinente und Meeresbecken bestimmen und nur in besondern Fällen näher in Einzelheiten eindringen. Auch hier stehen wir erst am Anfange der Erkenntnis, aber bei der raschen Vermehrung der Nachrichten über die versteinerungsführenden Ablagerungen in fernen Gegenden dürfen wir auf raschen Fortschritt hoffen, und so schwierig auch die Lösung der Aufgabe ist, so außerordentlich ist auch deren Bedeutung. Wenn wir die Verteilung von Wasser und Land für eine größere Zahl von Abschnitten aus der Erdgeschichte kennen werden,

dann wird sich eine Reihe der dunkelsten Probleme aus der dynamischen Geologie fast von selbst lösen. Die Frage nach der Beständigkeit oder Veränderlichkeit der Festlandssockel und der Meeresbecken wird sofort beantwortet werden können; wir werden beurteilen können, ob bei den Verschiebungen des Standes von Wasser und Land Schwankungen des Meeresspiegels oder Hebungen und Senkungen des Festen die Hauptrolle spielen, ob abwechselndes Zuströmen des Wassers von den Polen zum Äquator und umgekehrt stattfindet, oder ob das Wasser abwechselnd auf der nördlichen und dann wieder auf der südlichen Halbkugel angesammelt ist. In einzelne dieser Gegenstände gewähren schon unsre heutigen Ergebnisse einen ersten, allerdings noch schwachen Einblick, aber weitaus das meiste bleibt noch zu thun übrig.

Feldgeologie.

Wir haben die hohe Bedeutung der historischen Geologie für eine Reihe der wichtigsten theoretischen Fragen kennen gelernt; in gleicher Weise greift die genaue Kenntnis des Schichtenbaues auch in praktische Verhältnisse ein. Schon der Umstand, daß die wichtigsten nutzbaren Mineralstoffe, alle Kohle, ein großer Teil des Eisens, Petroleum und eine Reihe andrer, ihre Lagerstätte in geschichteten Gesteinen haben, läßt dies erkennen. Aus der Aufeinanderfolge und Fossilführung der Schichten kann man in sehr vielen Fällen darauf schließen, ob und in welcher Tiefe an einem Punkte Aussicht vorhanden ist, Kohlen, Eisen ꝛc. zu finden, und ob diese Mineralien unter Verhältnissen lagern, die einen lohnenden Abbau ermöglichen.

Von der Aufgabe und der Thätigkeit des Geologen in dieser Hinsicht macht man sich vielfach eine falsche Vorstellung. Die erste Auffindung von Kohle, von Erzen ꝛc. an einem Orte, die unmittelbar an der Oberfläche liegen, verdankt man wenigstens in zivilisierten Ländern wohl nur in den seltensten Fällen den Untersuchungen des Geologen; solche Dinge sind auffallend genug, um von Laien bemerkt zu werden, und die Einwohner einer Gegend kennen sie längst. Dem Geologen oder dem geologisch geschulten Bergmanne fällt meist nur die Beurteilung ihres Wertes anheim. Nur zu häufig kommen diese in die Lage, vor der Überschätzung solcher Funde zu warnen und zu verhindern, daß große Summen an unbedeutenden Vorkommnissen vergeudet werden; und in zahllosen Fällen hat es sich bitter gerächt, daß man versäumt hat, einen derartigen Rat einzuholen. Nur wenige unter den der Sache fern Stehenden haben richtige Vorstellungen, welche Summen Jahr für Jahr an die Aufschließung gänzlich hoffnungsloser Objekte gewendet werden, deren Natur der Fachmann auf den ersten Blick erkannt haben würde; und wohl jeder Geolog kann aus eigner Erfahrung berichten, wie auf ein paar Schwefelkieskriställchen ein Goldbergwerk, auf eine papierdünne Kohlenschmitze eine Kohlengrube eröffnet werden sollte. Wo wirklich wertvolle Mineralien vorhanden sind, bietet die geologische Untersuchung die Daten über Ausdehnung und Reichhaltigkeit in der Tiefe, wie sie nötig sind, um einen rationellen Betrieb einzuleiten; sie kann aber auch angeben, wo etwa in der Tiefe Flöze von Kohle mit großer Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind, die ohne solche Angaben niemals entdeckt und der Ausbeutung zugänglich gemacht werden könnten.

Wir gehen hier nicht näher auf diese Gegenstände ein, da den nutzbaren Mineralien am Ende dieses Bandes ein gesonderter Abschnitt gewidmet ist.

Die Darstellung aller der bisher besprochenen Verhältnisse zeigt, welch wichtige Aufgaben der historischen Geologie im Bunde mit der Paläontologie zur Lösung vorliegen, wie große Schwierigkeiten ihr auf diesem Wege entgegenstehen, und welcher mühsamen Arbeit und wie vieler stets wachsamen, einschneidenden Kritik es bedarf, um auch nur einen

Schritt weiter zu thun im Verständnisse der allgemeinen Fragen. Die Grundlage aller allgemeinen Schlüsse bildet die sorgfältigste und gewissenhafteste Erforschung aller Lokalverhältnisse ohne die geringste theoretische Voreingenommenheit. Hier ist die Bahn frei, auf der jeder ohne tiefe Gelehrsamkeit, nur mit Fleiß und Sorgfalt, mit offenem Auge und mit Liebe zur Sache ausgerüstet, der Wissenschaft wahren und bleibenden Nutzen schaffen kann. Wer immer in einer geologisch auch nur halbwegs interessanten Gegend lebt und seine freien Stunden dazu benutzt, um mit dem Hammer in der Hand Berg und Thal zu durchstreifen, wer die Aufeinanderfolge der Schichten an jedem Gehänge, in jedem Steinbruche, in jeder Thongrube studiert und ihre Versteinerungen genau nach Fundorten und nach einzelnen Bänken an diesen sammelt und aufbewahrt, der fördert die Sache. Ja, es ist die Frage, ob die glänzendste stratigraphische Theorie je so viel bleibende Früchte gebracht hat wie die getreue Lokalstudie eines geologisch wichtigen Distriktes. Für jeden, der Liebe zur Natur hat, wird eine solche Beschäftigung eine unversiegbare Quelle der Anregung und Befriedigung bilden, wenn allmählich der geologische Bau der Umgebung sich klar vor seinen Augen entrollt, wenn jede neue Exkursion neue Belehrung bringt, wenn Meißel und Präpariernadel aus einem unscheinbaren Gesteinsstücke ein schönes Fossil bloßlegen und die reiche Fülle der Versteinerungen sich in der Sammlung entfaltet.

Die unentbehrliche **Ausrüstung** für den Geologen besteht in erster Linie aus einem guten geologischen Hammer und einem sogenannten Bergkompaß, ferner einer Umhängetasche, Papier zum Etikettieren und Einwickeln der gesammelten Stücke, endlich einem Notizbuche und einem Bleistifte. Nicht absolut nötig, aber von größtem Nutzen ist gutes Kartenmaterial, und gerade für den Anfänger ist dieses von besonderer Wichtigkeit, denn auf keine andre Weise erlernt man die geologische Anschauung rascher und besser als dadurch, daß man jeden Weg, den man bei einer Exkursion macht, auf der Karte verfolgt, jeden Augenblick sich Rechenschaft zu geben sucht, auf welchem Punkte man sich befindet, und jede Beobachtung, die man macht, sofort mit wenigen Buchstaben oder Worten an ihrem Orte auf der Karte einzeichnet.

Die erste Sorge des Lokalforschers wird wohl sein, **versteinerungsführende Ablagerungen** und Fundstellen zu entdecken. Oft sind diese allerdings in so großer Menge und so auffallender Weise vorhanden, daß es fast nicht möglich ist, sie zu übersehen; aber solche Fälle sind doch nicht allzu häufig. Liegen die Verhältnisse nicht so günstig, dann erfordert es einige Übung, um ein fossilführendes Gestein als solches zu erkennen und nicht allzuviel Zeit an Punkten zu verlieren, die gar keine Aussicht auf Ausbeute bieten. In Massengesteinen, in kristallinischen Schiefern oder deutlich kristallinischen, zuckerkörnigen Kalken zu suchen, ist in der Regel vergeblich. Von normalen Schichtgesteinen enthalten sehr dickbankige, namentlich rote, Sandsteine nur sehr selten Fossilien, auch in reinen, dickbankigen Kalken und Dolomiten sind sie meist spärlich; in diesen versprechen aber solche Stellen, die eine lokale rötliche Färbung zeigen, bisweilen günstige Ausbeute.

Kommt man an eine Stelle, wo Gesteine aufgeschlossen sind, d. h. von Schutt- und Humusbedeckung rc. frei anstehen, so sieht man zunächst die von Erde und Schmutz reinen Verwitterungsflächen genau an, um Durchschnitte oder Auswitterungen von Versteinerungen zu finden, man klopft einige Gesteinsecken ab und sucht eine rasche Orientierung zu gewinnen. Ergibt dieselbe einige Aussicht auf Erfolg, dann zertrümmert man eine möglichst große Anzahl von Blöcken, und ist die Felsart schieferig, so spaltet man die Platten mit der Schneide des Hammers. Bei thonigen Gesteinen bleibt nichts andres übrig, als sich auf den Boden niederzulegen, um aufzulesen, was aus der Thondecke hervorragt, und dann mit Hacke und Schaufel den Boden aufzugraben oder aufgraben zu lassen. Nach eignem Ermessen muß man beurteilen, wie das Sammeln in jedem Falle einzurichten ist. Bald muß man sehr viele Blöcke zerschlagen, in andern Fällen ist man auf das angewiesen, was

durch Verwitterung bloßgelegt ist, da sich die Fossilien beim Klopfen nicht aus dem Gesteine lösen. Gerade die erschöpfende Ausbeutung der Versteinerungsfundorte ist Hauptaufgabe des Lokalgeologen; er kann einen und denselben Ort oft besuchen und hat sich mit den Arbeitern in Steinbrüchen, Thongruben ꝛc. und mit Brunnengräbern in Verbindung zu setzen, um ihre Funde zu bekommen und von jedem neuen Aufschlusse Kenntnis zu erhalten. Bei Anlage von Eisenbahnen und Straßen, bei Grundaushebungen für Neubauten und ähnlichen Gelegenheiten wird oft auf kurze Zeit eine reiche Schicht zugänglich gemacht, aus der man später Dezennien hindurch kein Stück mehr erhält. Derjenige, der nicht selbst eingehendere paläontologische Studien gemacht hat, sollte jedes gut erhaltene Exemplar mitnehmen, dessen er habhaft werden kann, möge dabei eine Art auch durch Hunderte von Exemplaren vertreten sein, da oft gerade ein sehr reiches Material von einer und derselben Form zur Lösung mancher Fragen notwendig ist. Außer den Versteinerungen nimmt man noch von thonigen und mergeligen Materialien eine Probe mit, um sie gelegentlich auf das Vorhandensein mikroskopischer Reste zu untersuchen.

Folgen an einer Stelle deutlich aufgeschlossen mehrere Schichten übereinander, die in der Gesteinsbeschaffenheit oder ihren Fossilien voneinander abweichen, so muß die Reihenfolge derselben genau verzeichnet, ein „Profil" aufgenommen werden, in welchem alle Beobachtungen genau zu verzeichnen sind. Als Beispiel mag ein solches hier angeführt werden, das ich vor Jahren im Jura der Sette Communi nördlich von Vicenza aufgenommen habe, und das ich auf gut Glück einem alten Tagebuche entnehme:

„Bei Asiago, wenige Minuten südlich vom Tanzer Loche; Abhang gegen Val d'Assa; Profil aufgenommen am 26. April 1871. Schichtlage annähernd horizontal; in der Tiefe mächtige Triasdolomite mit Turbo solitarius, darüber Verstürzung der Schichten durch Schutt, dann folgen von unten nach oben:

1) Grauer bituminöser Schieferthon mit Lithiotis, etwa 2 Fuß.
2) Graue mergelige Kalke mit Resten von Landpflanzen, aber ohne marine Fossilien, 1,5 Fuß.
3) Schieferthon mit Lithiotis, 1,5 Fuß.
4) Dünne graue Kalkbank, fast ganz aus kleinen Austernschalen bestehend, 2 Zoll.
5) Versteinerungsleere Kalke, 10 Fuß.
6) Kalk mit Terebratula Rozzoana u. Renieri, 6 Fuß.
7) Etwa 12 Fuß der Schichtfolge durch Schutt verdeckt.
8) Graue Kalkbank mit Terebratula Renieri; Mächtigkeit?
9) Gelber dolomitischer Kalk ohne Versteinerungen, 5 Fuß.
10) Klotzig vorspringende Kalkbank ohne Versteinerungen, 2,5 Fuß.
11) Dünne grau und rote Thonbank, 1 Zoll.
12) Mächtige, klotzige Kalkbänke mit Lithiotis; die tiefste derselben enthält auch Terebratula Renieri; 30 Fuß.
13) Bank mit Terebratula Rozzoana, 9 Zoll.
14) Gelbliche und rötliche, knollige Kalkbank ohne Versteinerungen, etwa 6 Zoll mächtig, stellenweise linsenförmig anschwellend zu 3 Fuß Mächtigkeit und dann mit zahllosen, meist zertrümmerten Versteinerungen; einzelne derselben gut erhalten; Stephanoceras rectelobatum, Posidonomya alpina, Terebratula curviconcha, Pentacrinus.
15) Mächtige rote Ammonitenkalke schließen das Profil nach oben ab."

Die genaue Aufnahme solcher Profile ist stets von bleibendem Werte, ja eine solche Aufzeichnung kann vielleicht nach Jahren, wenn der beschriebene Aufschluß nicht mehr zugänglich sein sollte, von großer Wichtigkeit werden. Überflüssig ist die genaue Aufnahme, wenn nur eine Schichtmasse von gleichmäßiger Gesteinsbeschaffenheit und ohne Fossilien oder ohne nennenswerte Verschiedenheit in den Versteinerungen vorhanden ist.

Die an einem Orte gefundenen Schichten muß man nun an andern Punkten der Umgebung wiederzufinden suchen und aus einer Kombination aller einzelnen Beobachtungen und Profile die ganze lokale Schichtfolge zusammenstellen. Ist das geschehen, und hat man viele einzelne Aufschlüsse der Umgebung besucht, so wird es gelingen, sich ein Bild vom ganzen Baue der Gegend zu machen, wenn dieser nicht ein sehr verwickelter ist

oder die Bedeckung mit Vegetation und jungen Schwemmmassen und Schutt eine allzu bedeutende ist. Die so gewonnenen Resultate werden dann in eine Karte eingezeichnet und die Grenzen der einzelnen Gesteinsabteilungen nach einer möglichst großen Zahl von Aufschlüssen eingetragen. Schließlich bemalt man die Karte, indem man die Oberfläche, welche jedes einzelne Gebirgsglied einnimmt, mit einer besondern Farbe koloriert. Nie wird eine andre geologische Karte jenen Grad von Genauigkeit erreichen, welchen ein viele Jahre hindurch in der Umgebung seines Wohnortes thätiger Lokalgeolog seiner Arbeit zu geben vermag, da nur dieser alle jene Aufschlüsse kennt, die während einer langen Zeit bei den verschiedensten Bauten, Brunnengrabungen, Weganlagen ꝛc. gemacht, aber nicht erhalten worden sind.

Mit der Aufnahme der **geologischen Karten** kommen wir zu einer speziellen Aufgabe, an deren Lösung die historische Geologie einen wesentlichen Anteil hat. Die große praktische Bedeutung genauer Karten dieser Art für Bergbau, Bodenkunde und nach verschiedenen andern Richtungen hin hat alle zivilisierten Staaten veranlaßt, geologische Aufnahmen ins Werk zu setzen, welche in der Regel durch eigens dazu eingerichtete Anstalten betrieben werden. Zuerst ging England in dieser Beziehung vor, dann folgte Österreich und allmählich fast alle Staaten Europas diesem Beispiele[1]. Entschieden das bedeutendste Unternehmen in dieser Beziehung sind die geologischen Aufnahmen von Preußen und den thüringischen Staaten, welche mit einem bis dahin unerreichten Detail und mit sehr bedeutenden Mitteln in Angriff genommen worden sind. Die meisten Staaten des Deutschen Reiches haben infolge der gegebenen Anregung ihre Aufnahmen in ähnlicher Weise eingerichtet, so daß im Laufe einer Reihe von Dezennien eine geologische Karte von Deutschland hergestellt sein wird, welche an Genauigkeit und, nach den bisherigen Proben zu urteilen, auch an Übersichtlichkeit unübertroffen dasteht.

Die geologischen Karten können niemals dahin gebracht werden, daß sie den Bau eines Gebietes und die Verbreitung der Gesteine ohne jeden Fehler angeben. In den meisten Gegenden ist der größte Teil der Oberfläche von Ackererde oder von Vegetation bedeckt, und die Karte hat die Aufgabe, den Bau des Landes darzustellen, wie er sich ohne jene oberflächlichen Lagen dem Auge zeigen würde; sie ist also das Ergebnis einer theoretischen Kombination, sie ist der graphische Ausdruck der Vorstellung, welche sich der wissenschaftliche Beobachter nach den beobachteten Aufschlüssen von der Zusammensetzung der Gegend gemacht hat. Je größer die Zahl der Aufschlüsse ist, und je mehr dieselben beobachtet und in die Karte eingetragen sind, um so weniger Raum ist natürlich der Vermutung anheimgegeben, um so geringer wird die Wahrscheinlichkeit eines Irrtumes; aber ausgeschlossen ist ein solcher niemals, außer in Gegenden, in welchen, wie etwa in der Sahara, die Gesteine ohne Vegetationsdecke und Humusüberkleidung zu sehen sind.

Ist selbst beim Vorhandensein zahlreicher Beobachtungen die Möglichkeit eines Irrtumes nicht ausgeschlossen, so vermehrt sich dieselbe natürlich in hohem Grade, wenn weniger positive Anhaltspunkte vorliegen; trotzdem kommt der Geolog sehr oft in die Lage, aus verhältnismäßig wenigen Daten die Karte einer unvollkommen bekannten Gegend zu entwerfen. Da eben eine solche nichts andres zu sein beansprucht als die graphische Darstellung der Anschauung, welche sich der Geolog von der Zusammensetzung eines Landes gemacht hat, so kann gegen einen derartigen Versuch nichts eingewendet werden, vorausgesetzt, daß genau angegeben ist, welcher Art die positiven Anhaltspunkte sind, auf welche die Darstellung der Karte sich stützt, daß alle Unvollkommenheiten gewissenhaft hervorgehoben werden und nirgends der Versuch hervortritt, den Schein größerer Genauigkeit, als vorhanden ist, hervorzurufen. Unter Einhaltung dieser Regeln ist eine Karte selbst bei unvollkommener positiver

[1] Offizielle Aufnahmen fehlen noch in Bulgarien, der Türkei und Griechenland.

Grundlage stets höchst erwünscht, da sie in jedem Falle ein viel besseres Bild vom Baue eines Landes gibt als die sorgfältigste Beschreibung.

Man muß dabei überhaupt scharf zwischen Übersichtsaufnahmen und Detailaufnahmen unterscheiden; die letztern sollen durch möglichst genaue Beobachtung aller in einem Gebiete sichtbaren Erscheinungen eine so vollkommene Darstellung geben, wie sie der Natur der Gegend nach geleistet werden kann, während die erstern die Aufgabe haben, in einer gegebenen, in der Regel ziemlich kurzen Zeit eine möglichst große Anzahl von Thatsachen zu sammeln und zur Darstellung zu bringen. Jede der beiden Methoden hat ihre Berechtigung: in einem schon ziemlich bekannten Lande sind nur Detailaufnahmen von Wert, dagegen wäre es ein großer Fehler, sogleich mit solchen anzufangen, wenn es sich um Untersuchung einer noch wenig bekannten Gegend handelt; hier müssen zuerst die Hauptzüge, wenn auch nur in flüchtigen Umrissen, übersichtlich festgestellt werden, ehe man einen Schritt weiter geht.

---

2. Die ältern paläozoischen Ablagerungen (Grauwacken- oder Übergangsgebirge).

Inhalt: Die paläozoische Periode. — Die kambrische Formation. — Fauna der Silurformation. — Verschiedene Typen des Silur. — Beispiele der silurischen Entwickelung. — Die Devonfauna. — Entwickelung und Verbreitung der Devonformation.

Die paläozoische Periode.

Die paläozoische Periode, die älteste unter den drei großen Abschnitten, in welche die gesamte Aufeinanderfolge der fossilführenden Ablagerungen zerfällt, wird in der Regel in fünf Formationen eingeteilt: 1) kambrische Formation, 2) Silurformation, 3) Devonformation, 4) Kohlenformation, 5) Permformation.

Diese ganze Schichtreihe mag wohl eine Dicke oder Mächtigkeit von 25,000 m repräsentieren, wenn man für jede einzelne Abteilung die größte Mächtigkeit in Rechnung zieht, welche sie an irgend einem Punkte erreicht. Sehr zahlreich ist die Menge der aufeinander folgenden Faunen, welche sie enthält, und ungeheuer lang die Zeitdauer, die sie vertritt. Die Veränderung, welche die Organismenwelt während derselben erleidet, ist außerordentlich bedeutend, so daß nicht eine einzige Form sich während der ganzen Periode oder auch nur während des größern Teils derselben erhalten hat. Immerhin aber sind gewisse Charakterzüge vorhanden, welche im großen und ganzen diese Urzeit spätern Abschnitten und vor allem der Neuzeit gegenüber auszeichnen und der damaligen Schöpfung ein fremdartiges und nach unsern Begriffen unerfreuliches Aussehen verleihen. Noch existiert keine Blumen tragende Pflanze auf Erden, riesige Schachtelhalme, Baumfarne, Sigillarien und Lepidodendren, gewaltige Bäume aus der Verwandtschaft unsrer unscheinbaren Bärlappgewächse, herrschen in den Wäldern, begleitet von Nadelhölzern und Sagopalmen. Kein Vogel und kein Säugetier beleben die Gegend, eine Anzahl von Amphibien und einige Reptilien, träge, kaltblütige Geschöpfe, sind die höchst organisierten Wesen der damaligen Zeit. Unter den Insekten fehlen noch die bunten Schmetterlinge, die Fliegen und die Immen[1], am zahlreichsten vertreten sind Blattinen,

[1] Bienen, Wespen, Ameisen und ihre Verwandten. Das angebliche Vorkommen von Raupen in der Kohlenformation ist sehr zweifelhaft.

nahe Verwandte unsrer Küchenschaben, und dazu gesellen sich Gespenstheuschrecken, Heuschrecken, vielleicht Käfer und eine Anzahl andrer, zum Teile ziemlich fremdartiger Typen. Neben ihnen finden sich langbeinige Spinnentiere aus der Verwandtschaft der Kanker oder Weber (Opilioniden), vereinzelte Spinnen, Skorpione und Tausendfüße, und rechnen wir dazu noch einige Landschnecken, so ist damit erschöpft, was wir von der Landbevölkerung kennen.

Im Wasser stellen einige Reptilien und zahlreiche Amphibien die Herren der damaligen Schöpfung dar. Fische sind in sehr großer Zahl vorhanden, aber die Knochenfische, welche heute die große Mehrzahl bilden, sind noch nicht erschienen; es sind namentlich die sogenannten Ganoiden, mit meist rautenförmigen, schmelzglänzenden Schuppen, ferner Panzerfische, deren Körper mit einer starken Hülle mächtiger Knochentafeln bewehrt ist, und Haifische, welche uns begegnen. Neben diesen Vertretern der Wirbeltiere erscheint dann ein fast unabsehbares Heer niedriger Lebensformen: zahllose Krebstiere, großenteils von sehr fremdartiger Form, kriechen auf dem schlammigen Grunde des Meeres, die schönen Gehäuse der Kopffüßerarten, eine Menge von Schnecken, Muscheln und Armfüßern, Stachelhäuter von eleganter Gestalt und reicher Verzierung wimmeln an vielen Orten in ungeheuern Scharen, und die Korallen führen ihre Riffbauten auf; sie und eine ganze Reihe andrer Typen lassen die Formenmannigfaltigkeit der niedern Meerestiere keineswegs geringer erscheinen, als sie heute ist.

Dieses Bild paläozoischen Lebens erhalten wir nur durch die Kombination der in den verschiedenen Formationen enthaltenen Fossilien. Die Amphibien und Reptilien, die Spinnentiere, die Insekten mit sehr wenigen Ausnahmen, endlich die Landschnecken sind nur aus den jüngern Abteilungen bekannt; gehen wir weiter zurück, so verlieren sich auch die Spuren von Landpflanzen und von Fischen, und ebenso treten die niedern Meerestiere mehr und mehr zurück, so daß wir in den ältesten Ablagerungen nur noch wenige einförmige Organismen finden. Es entspricht daher den natürlichen Verhältnissen recht gut, wenn man, den alten Geologen folgend, die drei ersten Formationen, das Kambrium, Silur und Devon, als eine große Unterabteilung der paläozoischen Ära zusammenfaßt und sie den spätern, durch reiche Landvegetation und das Auftreten von Amphibien und Reptilien ausgezeichneten Abschnitten, der Kohlen- und der Permformation, entgegenstellt. Wir wenden uns zunächst zu jener ersten Hälfte der paläozoischen Vorkommnisse, welche die in der Geschichte der Geologie alt eingebürgerten Namen des Grauwacken- oder Übergangsgebirges erhalten hat.

Die ersten deutlichen Spuren des Lebens erscheinen in der kambrischen Formation, und es ist natürlich von größter Wichtigkeit, diese ältesten Reste näher kennen zu lernen. Doch sind es nicht die Erstlinge der Organismenwelt überhaupt, die wir hier finden. Wir haben im letzten Abschnitte des ersten Bandes gesehen, daß der kambrischen Formation noch die ungeheuer mächtigen kristallinischen Schiefer vorausgehen, welche geschichtet sind und ihre abweichende Gesteinsbeschaffenheit einer Umänderung in späterer Zeit verdanken. Durch die Anwesenheit von Kalken, von Graphit und Anthracit, von bituminösen Substanzen wird der Nachweis geliefert, daß während jener ungeheuer langen Zeitdauer, welche die kristallinischen Schiefer uns repräsentieren, der archäischen Periode, schon Organismen existiert haben (vgl. Band I, S. 616). Streng genommen wäre es daher die Aufgabe der historischen Geologie, zunächst die Geschichte der archäischen Bildungen vorzuführen. In der That sind mannigfache Versuche in dieser Beziehung gemacht worden, und in einigen Gegenden ist es gelungen, die Reihenfolge der kristallinischen Schiefer lokal festzustellen. In andern Gegenden fehlt jedoch selbst diese erste Grundbedingung jedes allgemeinern Vergleiches, und schon aus diesem Grunde, weil die Basis in ihren einzelnen Teilen

noch durchaus schwankend und unsicher ist, müssen wir alle die Versuche einer allgemeinen Gliederung der archäischen Bildungen ablehnen. Aber selbst wenn wir über diesen ersten Stein des Anstoßes hinweggekommen sein werden, wenn für alle einzelnen Länder zuverlässige Arbeiten über die Aufeinanderfolge der archäischen Schichten vorliegen werden, wird die Schwierigkeit kaum geringer, da wir keinen Anhaltspunkt für die Entscheidung der Frage haben, welche Bildungen in weit voneinander entfernten Gegenden als gleichalterig zu gelten haben. Wir müssen die archäische Schichtfolge als mindestens der ganzen Masse der fossilführenden Sedimente gleichwertig betrachten, und die Aufgabe, welche bei jenen vorliegt, ist genau dieselbe, als wenn man die Gliederung dieser ohne Hilfe von Versteinerungen feststellen sollte. Niemand wird daran zweifeln, daß jeder derartige Versuch zu den schwersten Irrtümern führen würde, und genau ebenso verhält es sich mit den alten Schiefergesteinen. Wir können mit Bestimmtheit sagen, daß den teilweise ziemlich komplizierten Systemen, welche für diese aufgestellt wurden, die Berechtigung und positive Begründung durchaus fehlt und jedenfalls noch auf lange Zeit hinaus fehlen wird. Es kann daher auch nicht unsre Aufgabe sein, uns mit den schwankenden Ansichten über diesen Gegenstand noch näher zu befassen, als das schon geschehen ist (vgl. Band I, S. 611 ff.)[1].

Die kambrische Formation.

Sichern Boden fühlen wir erst unter den Füßen, wenn wir zu den ältesten fossilführenden Ablagerungen der kambrischen Formation gelangen. In vielen Gegenden, in welchen diese vollständig entwickelt ist, sehen wir die kristallinischen Schiefer nach obenhin mehr und mehr den Charakter gewöhnlicher sedimentärer Thonschiefer annehmen, es gesellen sich zu ihnen Sandsteine, Konglomerate, Grauwacken, selten auch Kalke; Fossilien sind aber hier noch sehr selten und großenteils undeutlich. Wir befinden uns im untern Teile der kambrischen Formation; erst in höhern Schichten, in den oberkambrischen Ablagerungen, erscheinen, wenigstens in manchen Gegenden, Versteinerungen in größerer Zahl, unter denen eigentümliche Krebstiere oder Crustaceen, die sogenannten Trilobiten, weitaus die größte Rolle spielen, ja an Zahl der Arten wie der Individuen weit über die Hälfte der Gesamtfauna ausmachen.

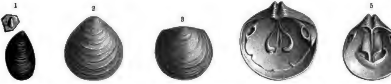
Das Studium der kambrischen Ablagerungen hat in England begonnen, wo Sedgwick zuerst diese ältesten Flözbildungen als selbständige Formation auffaßte und dieser den Namen nach dem Kambrischen Gebirge in Wales gab. Hier erreichen die gewaltig gestörten und aufgerichteten Ablagerungen eine Mächtigkeit von einigen Tausend Metern. Die Harlechgruppe, aus purpurroten, violetten, gelben und grauen Sandsteinen, Schiefern und Konglomeraten zusammengesetzt, stellt uns die erste Abteilung der kambrischen Formation dar, in deren unterm Teile schon Versteinerungen vorkommen, wohl die ältesten sicher deutbaren Reste, die überhaupt gefunden worden sind. Allerdings ist nur eine einzige Art gut kenntlich, ein winziger Armfüßer oder Brachiopode mit horniger Schale, Lingulella ferruginea (s. Abbildung 1, S. 40), ein kleines, unscheinbares

---

[1] Man unterscheidet häufig zwei Hauptabteilungen der archäischen Bildungen, eine ältere, laurentinische, vorwiegend aus Gneißen bestehende, und eine jüngere, huronische Formation, welche wesentlich aus Glimmerschiefern, Phylliten rc. zusammengesetzt ist. Diese Gliederung, welche zuerst in Kanada aufgestellt und dann auf andre Gegenden, auch auf Europa, übertragen wurde, ist aber um so hinfälliger, als gerade in neuerer Zeit von namhaften amerikanischen Geologen die Berechtigung der betreffenden Einteilung selbst für Kanada lebhaft bestritten wird.

Ding, dessen Interesse eben nur in seinem überaus hohen Alter liegt. Die andern Reste, die mit ihm vorkommen, hat man auch auf bestimmte Abteilungen der Organismenwelt, auf Würmer, Pflanzen ꝛc., zurückführen wollen; doch läßt sich kaum mehr von denselben sagen, als daß sie von irgend welchen organischen Formen herrühren müssen und nicht wohl reine Mineralgebilde sein können. An den meisten Punkten ist die ganze Harlechgruppe so ärmlich ausgestattet, nur in der Umgebung von St. Davids im südlichen Wales kommen in ihren höhern Schichten schon zahlreichere Fossilien, namentlich Trilobiten, vor. In größerer Menge finden sich diese dann in den höher gelegenen Abteilungen, in der Menevian- und Festinioggruppe[1] („Lingulaflags"), welche die oberkambrische Fauna in ihrer typischen Entwickelung enthalten, während in der Tremadocgruppe sich die charakteristischen kambrischen Formen mit solchen mischen, die erst in der nächsten Formation, im Silur, den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreichen.

Die kambrische Formation zeigt in England eine so reiche Gliederung, daß sie, abgesehen von den genannten Hauptgruppen, noch die Unterscheidung einer ganzen Anzahl



Kambrische Brachiopoden: 1. Lingulella ferruginea, in natürl. Größe und vergrößert. Aus dem untern Harlech von Wales. Die älteste sicher deutbare Versteinerung, die bisher gefunden worden ist. — 2 bis 5. Obolus Apollinis, von Petersburg Etwas vergrößert. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 39 u. 41.

paläontologisch charakterisierter Horizonte gestattet. Ein wesentlich andres Bild erhalten wir, wenn wir uns den kambrischen Bildungen Böhmens zuwenden, welches sehr charakteristisch für die Entwickelung der ältesten Formationen ist. Auch hier liegen über kristallinischen Schiefern mächtige Massen sedimentärer Thonschiefer, darüber Sandsteine und Konglomerate, die nach der Bergstadt Přibram, wo sie die berühmten Blei- und Silbergänge einschließen, als Přibramer Schiefer und Grauwacken bezeichnet werden. Dieser Schichtenkomplex wird nach dem Systeme von Barrande, der die ältesten Ablagerungen Böhmens der Reihe nach mit den Buchstaben des lateinischen Alphabetes bezeichnete, als die Stufe B unterschieden. Sie enthält die dürftigsten Spuren organischer Reste; diese treten erst in Menge in den außerordentlich feinkörnigen Thonschiefern der nächsten Abteilung C auf, deren zahlreiche Trilobiten jenen der Meneviangruppe in England entsprechen, während höhere Abteilungen der Formation nur sehr schwach vertreten sind. Noch weit ärmer sind die kambrischen Ablagerungen in Deutschland, wo fast versteinerungslose, aber mächtige Schiefermassen im Thüringer Walde und Fichtelgebirge hierher gerechnet werden müssen. Der einzige Punkt, der eine größere Anzahl von Fossilien geliefert hat, ist Hof am Nordende des Fichtelgebirges, wo eine ziemlich reiche, dem englischen Tremadoc vergleichbare Fauna auftritt.

Während wir hier überall gewohnt sind, die kambrischen Ablagerungen stark gestört in Form von Thonschiefern, harten Sandsteinen, Konglomeraten, Quarziten zu sehen, überrascht uns eine ganz unerwartete Ausbildungsweise, wenn wir uns dem russischen

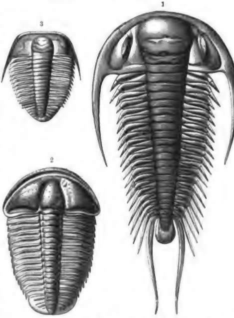
[1] Diese Namen sind von verschiedenen Lokalitäten in Wales genommen, an welchen die betreffenden Schichten gut entwickelt sind.

Digitized by Google

Ostseegebiete zuwenden. In ungestörter Lage treten hier horizontal geschichtete blaue Thone auf, wie wir sie sonst etwa in tertiären Bildungen zu finden gewohnt sind, und stellen den tiefsten Horizont der kambrischen Formation dar, welcher aller Wahrscheinlichkeit nach der Harlechgruppe Englands entspricht. Darüber folgen bröckelige Sandsteine, die durch das häufige Vorkommen der für uralte Bildungen charakteristischen Brachiopodensippe Obolus (s. Abbildungen 2 bis 5, S. 40) ausgezeichnet sind; nach obenhin erscheinen Schiefer mit den eigentümlichen Dictyonemen (s. Abbildung, S. 71) und auf der Grenze gegen das Silur, vielleicht schon diesem zuzurechnen, glaukonitische Sande, die wir sehr bald als die Lagerstätte der ältesten bekannten Foraminiferen zu besprechen haben werden.

Auch in einem großen Teile von Skandinavien herrscht ungestörte und horizontale Lagerung; versteinerungsarme Sandsteine zu unterst, darüber eine reiche Schichtfolge mit vielen Resten von Trilobiten und andern Tieren zeigen eine Gliederung, welche mit derjenigen Englands viele Ähnlichkeit hat und eine noch größere Zahl von paläontologisch gut charakterisierten Horizonten erkennen läßt.

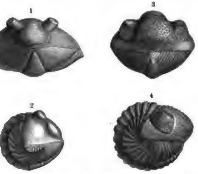
Wir können natürlich nicht alle Vorkommnisse kambrischer Bildungen hier eingehend betrachten; aus Spanien und Sardinien, China und den argentinischen Anden in Südamerika sind solche bekannt, vor allem aber sind dieselben in einem großen Teile von Nordamerika verbreitet; die akadische Stufe entspricht hier der Menevianstufe Englands, die roten Potsdamsandsteine dem Festiniog, der Kalksandstein (Calciferous sandstone) dem Tremadoc.



Kambrische Trilobiten: 1. Paradoxides und 2. Conocephalus, aus Böhmen. (Nach Barrande.) — 3. Olenus, aus Schweden. (Nach Angelin.) Vgl. Text, S. 41 u. 45.

Unter den organischen Resten des Cambriums nehmen die wichtigste Stelle die Trilobiten („Dreilapper") ein, eigentümliche krebsartige Tiere, welche ganz auf die paläozoische Zeit beschränkt sind und in der jetzigen Schöpfung mit dem bekannten Limulus oder Molluskenkrebse am meisten Ähnlichkeit haben (s. obenstehende Abbildungen). Ihre Oberseite ist mit einem kräftigen Panzer bedeckt, den wir in der Regel allein fossil finden, während die Unterseite weich war und daher meist spurlos verloren gegangen ist. An dem Panzer unterscheidet man ein großes Kopfschild vorn und ein bald ebenso großes, bald weit kleineres Schwanzschild oder Pygidium hinten, welche beide aus je einem solchen Stücke bestehen. Zwischen beiden liegen die frei gegeneinander beweglichen Stücke oder Segmente des Mittelleibes, welche bei vielen Formen einen so hohen Grad von Verschiebbarkeit haben, daß das Tier sich wie eine der jetzt lebenden Kellerasseln zusammenrollen konnte (s. Abbildung, S. 42).

Diese Fähigkeit, sich einzurollen, war offenbar ein mächtiges Schutzmittel; nahte sich ein räuberischer Feind, so klappten Kopf- und Schwanzschild zusammen, und ein fester Panzer umschloß nun die weichen Teile der Unterseite, welche vor allem einem Angriffe ausgesetzt waren. Merkwürdigerweise fehlt aber diese Fähigkeit fast allen kambrischen Trilobiten und namentlich allen größern Arten unter ihnen, während in spätern Formationen die meisten mit Einrollungsvermögen begabt sind. Es ist das ein recht hübscher Beleg für die Darwinsche Lehre von der Erwerbung der Charaktere durch Anpassung; in den kambrischen Meeren waren die Trilobiten die Herren, kein Rival konnte sich mit ihnen messen, kein Tier ist bekannt, das namentlich den größern unter ihnen hätte gefährlich werden können, es war also kein Bedürfnis nach einem solchen Schutze vorhanden. Ganz anders verhält es sich später. Mit Schluß der kambrischen Formation treten die Cephalopoden auf, die gefährlichsten und wildesten Räuber, welche wir unter den niedern Tieren überhaupt kennen, und von diesem Zeitpunkte an, seit dem Erscheinen dieser Feinde, findet sich auch das Einrollungsvermögen sehr verbreitet bei den Trilobiten[1].



Eingerollte Trilobiten: 1, 2. Asaphus, aus russischem Untersilur. — 3, 4. Phacops, aus dem rheinischen Devon. Vgl. Text, S. 41.

Die Zahl der beweglichen Mittelleibssegmente ist eine sehr verschiedene; die geringste Zahl ist zwei, während sie bei andern bis nahe an 30 steigen kann. Übrigens sieht man in der Regel an dem Schwanzschilde sehr deutlich, daß dieses durch die Verwachsung zahlreicher solcher Segmente entstanden ist, wie sie am Mittelleibe auftreten, und oft bemerkt man, daß bei starker Entwickelung des Pygidiums die Zahl der Mittelleibsringe abnimmt, und umgekehrt.

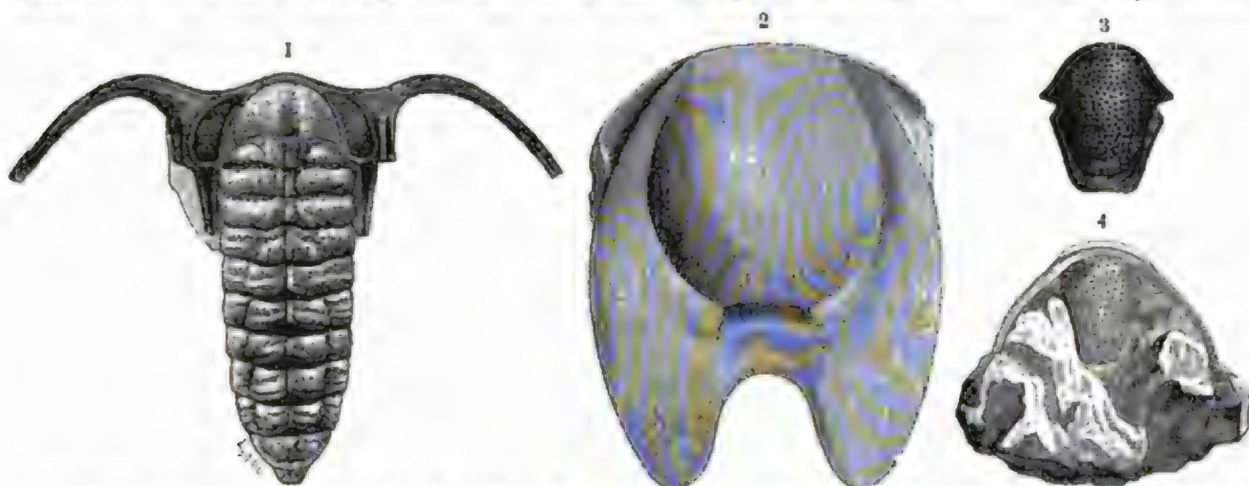
Auch der Kopf, der weit weniger als die andern Teile eine Zusammensetzung aus aufeinander folgenden Abschnitten erkennen läßt, muß in derselben Weise als einer Anzahl verwachsener Segmente entsprechend gedeutet werden. Nicht bei allen, aber bei den meisten Trilobiten sind im Mittelteile des Kopfes einige Querfurchen vorhanden, welche in dieser Richtung Andeutungen geben; namentlich bei der Gattung Bohemilla treten dieselben sehr deutlich hervor und zeigen auffallende Ähnlichkeit mit den Abschnitten des Mittelleibes (s. Abbildung 1, S. 43).

Gewöhnlich lassen sich über den ganzen Körper zwei Längsfurchen verfolgen, welche denselben in einen Mittelteil und zwei Seitenteile zerlegen, und denen die Tiere den Namen Trilobiten verdanken. Am Kopfe wird die mittlere Partie als die Glabella, die seitlichen als die Wangen bezeichnet, und diese tragen die bei der Mehrzahl außerordentlich entwickelten Augen, welche allerdings gerade den kambrischen Formen zu fehlen pflegen. Wir stehen vor der merkwürdigen Erscheinung, daß wir hier eine große Fauna von blinden Tieren vor uns haben, während die Verwandten aus spätern Ablagerungen meist gut entwickeltes Sehvermögen besitzen.

[1]) Es wird unten gezeigt werden, daß die kambrischen Trilobitenfaunen der Tiefsee angehören, und daß wir die gleichzeitigen Litoralfaunen nicht kennen. Diese Litoralfaunen können natürlich räuberische Tiere enthalten haben, und es ließe sich das als Einwand gegen die obige Auseinandersetzung benutzen, wenn es nicht für die hier vorliegende Frage ganz gleichgültig wäre, ob die räuberischen Tiere zu einer andern Zeit oder an einem andern Orte gelebt haben.

Digitized by Google

Während die auf der Oberseite vorhandenen Merkmale des Panzers sehr leicht zu beobachten sind, ist von den Organen der weichen Bauchseite fast nie etwas zu sehen; nur ein ganz vorn an der Schnauze auf der Unterseite gelegenes horniges Stück, das sogenannte



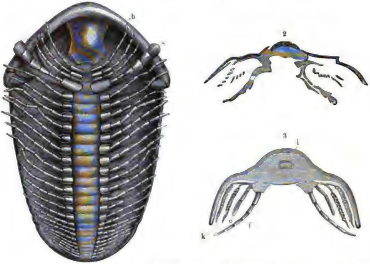
1. Bohemilla stupenda, aus böhmischem Untersilur. (Nach Barrande.) Vgl. Text, S. 42. — 2 und 3 Isolierte Hypostome böhmischer Trilobiten. — 4. Kopf eines Trilobiten von der Unterseite, mit anhaftendem Hypostom. (Nach Barrande.)

Hypostom, dessen Bedeutung noch ungewiß ist, kann oft beobachtet werden (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2 bis 4). Dagegen ist die Untersuchung der andern Teile, namentlich der Füße, äußerst schwierig, was um so mehr zu bedauern ist, weil gerade die Gliedmaßen bei der Untersuchung der Krebstiere die wichtigsten Anhaltspunkte bieten.

Allerdings hatten schon früher einzelne glückliche Funde gezeigt, daß feste Beine vorhanden waren, wie das namentlich aus einem von Billings beschriebenen Stücke hervorgeht, das seiner Zeit großes Aufsehen erregte (s. nebenstehende Abbildung). Aber erst in neuester Zeit hat man durch die planmäßigen Untersuchungen des amerikanischen Paläontologen Walcott etwas Näheres hierüber erfahren, und wir gehen an dieser Stelle etwas näher auf sein Verfahren ein, da dasselbe, abgesehen von den wissenschaftlichen Ergebnissen, durch die äußern Nebenumstände von Interesse ist. Walcott vermutete, daß bei den Trilobiten, welche man zusammengerollt findet, die Beine nicht verloren sein können. Er untersuchte daher eine große Anzahl solcher Exemplare in der Weise, daß er jedes derselben in eine möglichst große Zahl dünner Lamellen zerschnitt. Indes ließ unter dem ganzen Materiale, das angewandt wurde, nur ein einziges Stück deutliche Spuren der gesuchten Teile erkennen. Es lag nun die Vermutung nahe, daß an dem Fundorte, von welchem dieses stammte, noch mehr zu holen sei, und so wurde nun dessen Ausbeutung vorgenommen. Allein hier stellten sich neue Schwierigkeiten ein: die guten Exemplare lagen nur in einer dünnen Kalkbank, welche nicht hinreichend aufgeschlossen war, und es mußte ein förmlicher Steinbruch eröffnet, Erde und festes Gestein in einer Mächtigkeit von 3 m auf eine größere Strecke abgeräumt werden, um die gesuchte Schicht in großem Maßstabe ausbeuten zu können; in der That gewann man nach längerer Arbeit 3500 eingerollte Exemplare, zwei verschiedenen Arten angehörig, von denen 270 ein günstiges Resultat lieferten.

Unterseite eines Asaphus mit erhaltenen Resten der Beine, aus kanadischem Untersilur. (Nach Billings.)

Wirklich waren diese mit so viel Energie und mit so großen Mitteln unternommenen Arbeiten von Erfolg gekrönt (s. untenstehende obere Abbildung). An der Unterseite des Kopfes zeigten sich je vier gegliederte Beinpaare, jedes mit einem gegliederten Anhange, dem



Calymene senaria, aus amerikanischem Untersilur. (Nach Walcott.) 1. Die Unterseite ergänzt: h Hypostom — s Schwimmfuß. Epipoditen und Kiemen sind der Übersichtlichkeit wegen weggelassen. — 2. Ein Querschnitt, wie er sich in Wirklichkeit darstellt. — 3. Ergänzter Querschnitt: i Darm — f Fuß — e Epipodit — k Kiemen.

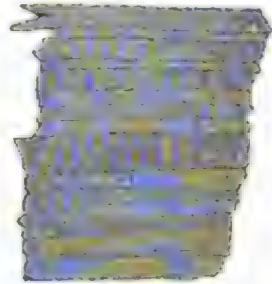
sogenannten Epipoditen, und mit Kiemenbüscheln; die Hüftteile dieser Füße dienten wie bei den lebenden Molukkenkrebsen als Kauorgane, als Kiefer, und das vierte Beinpaar ist als großer Schwimmfuß entwickelt. Auch am Mittelleibe und wahrscheinlich ebenso am

Junge Exemplare von Limulus (Molukkenkrebs); sogenanntes Trilobitenstadium.

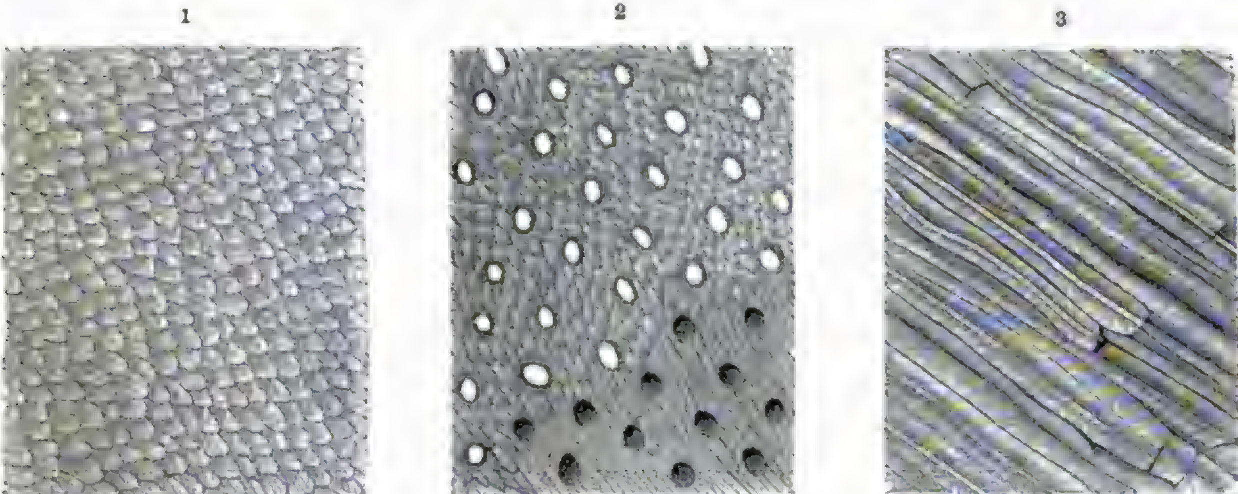
Schwanzschilde trägt jedes Segment ein Beinpaar, ähnlich den vordern Paaren des Kopfes. Damit war die lange streitige Frage nach der Organisation der Trilobiten wesentlich gefördert und ihre Verwandtschaft mit den Molukkenkrebsen (Limulus) bewiesen, wie sie schon lange von vielen Forschern namentlich darum angenommen worden war, weil gewisse Entwickelungszustände der letztern merkwürdig trilobitenähnlich erscheinen (s. obenstehende untere Abbildung).

Digitized by Google

Die Zahl der Trilobiten aus kambrischen Bildungen ist bedeutend; man kennt wohl über 300 Arten, die sich auf eine ansehnliche Zahl von Gattungen verteilen. Wie sie die erste Rolle in Höhe der Organisation, an Arten- und Individuenreichtum spielen, so liefern sie auch die Anhaltspunkte für die geologische Einteilung; die tiefsten Abteilungen enthalten noch keine Reste derselben, die ältesten trilobitenführenden Ablagerungen sind in der Regel namentlich durch das Auftreten der Gattung Paradoxides charakterisiert, während dieselbe in höhern Schichten fehlt und hier namentlich Olenus als wichtigster Typus hervortritt (s. Abbildung 3, S. 41), und die höchste Ablagerung der kambrischen Formation ist dadurch ausgezeichnet, daß sich der Fauna eine Anzahl von Typen beimischt, die erst im Silur ihre Hauptentwickelung finden. Diese Mischfauna nimmt einen gewissen Horizont ein, z. B. in England die Tremadocgruppe; abgesehen davon aber ist die Scheidung zwischen kambrischer und silurischer Trilobitenfauna sehr scharf. Von den Gattungen, die in den kambrischen Ablagerungen vor dem Tremadoc auftreten, reicht nur eine einzige, Agnostus, in das echte Silur hinauf.


Schnitt durch eine hornige Schale von Lingula mit abwechselnden Lagen von Hornsubstanz und phosphorsaurem Kalke. Stark vergrößert. (Nach Davidson.)

Keine andre Tierklasse kann sich in den kambrischen Ablagerungen auch nur entfernt mit den Trilobiten messen. Nächst ihnen sind die Armfüßer oder Brachiopoden am stärksten entwickelt, Tiere, welche den Muscheln ähnliche zweiklappige Schalen tragen und daher häufig zu den Weichtieren oder Mollusken gestellt wurden. In Wirklichkeit hat ihre ganze Organisation sehr viele Beziehungen zu den Mooskorallen (Bryozoen) und Würmern, und man stellt sie jetzt mit den Bryozoen zusammen in eine besondere Abteilung der Molluskoiden. Die beiden Schalen können bald auf- und zugeklappt werden, indem sie mit Hilfe



Kalkschalen von Brachiopoden in starker Vergrößerung. (Nach Davidson.) 1. Oberfläche einer einfach faserigen Schale. — 2. Oberfläche einer porösen Schale. — 3. Senkrechter Schnitt durch eine Faserschale.

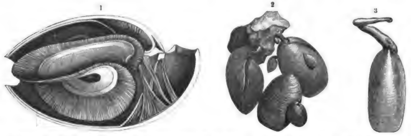
von Zähnen, welche ineinander greifen, an einem Rande gegenseitig verankert sind; bald ist eine solche „Schloßverbindung“ nicht vorhanden, und die beiden Klappen können nur mit Hilfe von Muskeln gegeneinander verschoben werden. Auch in der Zusammensetzung der Schalen kommen bedeutende Abweichungen vor, indem dieselben bald aus abwechselnden Lagen von einer hornartigen, glänzenden organischen Substanz und von phosphorsaurem Kalke besteht (s. die obere Abbildung), bald rein kalkig ist; in letzterm Falle ist ihre Struktur eine sehr eigentümliche und besteht in der Regel aus schräg zur Oberfläche stehenden Kalkfasern, zwischen denen bei gewissen Abteilungen sich Poren befinden (s. vorstehende Abbildungen 1—3).

Unter den Weichteilen des Tieres sind am auffallendsten die spiral aufgerollten oder eigentümlich gekrümmten Mundanhänge oder Arme, welche mit dicht stehenden, von zahlreichen Gefäßen durchzogenen Fransen oder Cirrhen besetzt sind und den größten Teil des innern Raumes der Schale ausfüllen (s. untenstehende Abbildung 1). Bei vielen Formen sind im Innern, und zwar stets der kleinern Schale angeheftet, eigentümliche Stützvorrichtungen für diese Arme vorhanden, welche zu den wichtigsten Merkmalen der einzelnen Abteilungen gerechnet werden; bei der Familie der Rhynchonelliden sind es zwei nach aufwärts gekrümmte Kalkleisten, bei den Terebratuliden besteht das Gerüst aus einem äußerst zarten Kalkbande, welches eine oft sehr große, frei ins Innere der Schale vorspringende Leiste bildet, während bei den Spiriferiden ein ähnliches zartes Kalkband zu zwei Spiralkegeln aufgerollt ist (s. nebenstehende Abbildungen 1 bis 3).

Brachiopodenschalen von innen, mit den Armgerüsten: 1. Rhynchonella mit einfachen Stützen. — 2. Waldheimia mit großer Schleife. — 3. Spirigera mit Spiralkegeln.

Die jungen, eben dem Ei entschlüpften Larven der Brachiopoden schwimmen frei umher, während sie im Alter meistens fest angeheftet sind und zwar entweder dadurch, daß sie mit einer der Schalen an einen festen Körper festwachsen, oder indem sie sich mit Hilfe eines Muskelstieles festhängen, welcher zwischen beiden Klappen oder durch ein Loch in einer derselben hervortritt (s. untenstehende Abbildungen 2 und 3).

Die Brachiopoden stellen einen uralten Stamm dar, dem die älteste überhaupt sicher bekannte Versteinerung, die oben genannte Lingulella ferruginea, angehört, und der schon in der kambrischen Formation in ziemlicher Mannigfaltigkeit hervortritt. Großenteils sind



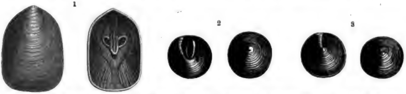
1. Schale einer Waldheimia, aufgeschnitten, mit den Weichteilen im Innern, in schwacher Vergrößerung. (Nach R. Owen.) Die mit Fransen besetzten Mundanhänge oder Arme und der Muskelapparat, welcher die Schalen öffnet und schließt, sind sichtbar. — 2. Lebende Exemplare von Terebratula, mit Hilfe ihrer Muskelstiele angeheftet. (Nach Davidson.) — 3. Lebende Lingula mit dem Muskelstiele.

die Gattungen ausgestorben, aber zwei derselben, Lingula und Discina, gehören zu jenen höchst merkwürdigen Sippen, die sich mit verhältnismäßig wenigen Änderungen von jenen uralten Zeiten bis heute erhalten haben; ja, man kann sagen, daß diese beiden Gattungen vielleicht im ganzen Bereiche der Tierwelt die größte Formbeständigkeit zeigen, indem nicht nur die Gattungen sich erhalten haben, sondern selbst die Arten in einzelnen Fällen sich so ungemein ähnlich geblieben sind, daß man auf den ersten Blick kaum

Digitized by Google

einen Unterschied zwischen Vertretern aus altpaläozoischen Schichten und solchen aus den heutigen Meeren bemerkt (s. untenstehende obere Abbildungen 1 bis 3).

Den hervorstechendsten Zug in der kambrischen Brachiopodenbevölkerung bildet das starke Vorwiegen der hornschaligen Formen über die kalkigen, ein Verhältnis, das in keiner andern Formation wiederkehrt, indem sonst die hornigen Arten nur einen sehr bescheidenen Bruchteil der gesamten Brachiopodenfauna ausmachen. Dieser Charakter ist übrigens nicht nur den Armfüßern eigen, sondern es gehört die Armut an kalkabson-



1. Lingula Lewisi, aus englischem Silur. (Nach Davidson.) — Discina: 2. aus dem englischen Silur — 3. lebende Art. (Nach Davidson.)

dernden Organismen geradezu zu den bezeichnendsten Eigentümlichkeiten der kambrischen Vorkommnisse.

Außer den Trilobiten und Brachiopoden sind alle andern Abteilungen des Tierreiches sehr schwach vertreten; vereinzelte, nicht zu den Trilobiten gehörende Krustaceen, wenige Repräsentanten der Kopffüßer, Schnecken, Muscheln (s. untenstehende Abbildung), der eigentümlichen hornschaligen Conulariden, ebenfalls mit hornigen Skeletteilen versehene Graptolithen, einige Stachelhäuter aus der ausgestorbenen Gruppe der Cystideen,

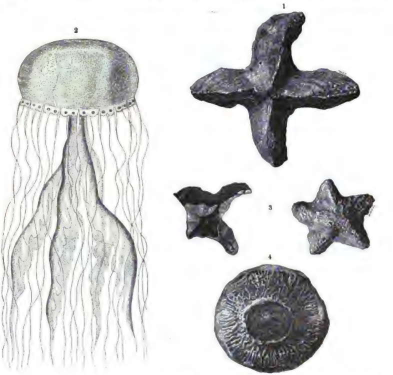
Fordilla Troyana, aus oberkambrischen Schichten von Nordamerika. (Nach Barrande.)

wenige Schwämme vervollständigen die Fauna. Aber auch von diesen Typen fehlen einzelne, die Kopffüßer und die Muscheln, in der Hauptmasse der kambrischen Schichten und treten erst in der obern Abteilung auf. Allerdings waren außerdem noch andre Organismen vorhanden, welche Spuren hinterlassen haben; aber noch können sie nicht mit voller Sicherheit bestimmt werden. In erster Linie sind die Spuren der winzigen Kieselschälchen von Radiolarien, sehr niedrig organisierten Urtieren, zu nennen, welche Gümbel in sehr alten Kieselschiefern des Fichtelgebirges gefunden hat. Ein andres, höchst seltsames Fossil ist aus den ältesten kambrischen Sandsteinen Schwedens beschrieben und neuerdings von Nathorst gedeutet worden. Man kannte seit längerer Zeit eigentümliche, vier- bis fünflappige, pyramidale Körper aus diesen Ablagerungen, welche unter den Namen Spatangopsis, Protolyellia &c. (s. Abbildung, S. 48) beschrieben worden waren. Nathorst fand nun bei Gelegenheit von Studien am Meeresstrande, daß manche dieser Körper auffallende Ähnlichkeit mit den Abdrücken besitzen, welche Quallen oder Medusen auf dem Boden hervorbringen;

Digitized by Google

ganz besonders auffallend aber gestaltete sich die Übereinstimmung mit künstlichen Ausgüssen der Leibeshöhle von lebenden Medusen. Andre eigentümliche Eindrücke der Sandsteine konnten auf andre Teile von Medusen zurückgeführt werden, und so ist es in hohem Grade wahrscheinlich, daß diese höchst organisierten Formen aus dem großen Kreise der Cölenteraten schon damals existierten.

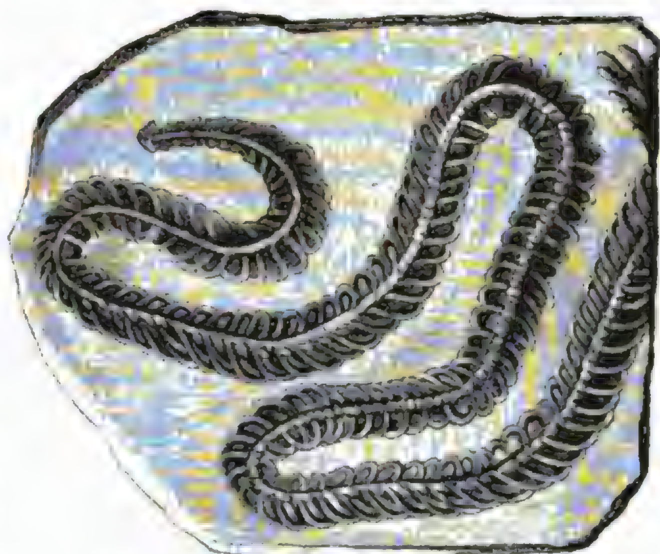
Viel unsicherer ist die Deutung, die man andern Vorkommnissen gibt: gewisse röhrenartige Hohlräume werden als die Löcher von Würmern betrachtet, andre wurmförmig ge-



1. Spatangopsis, aus unterkambrischen Sandsteinen Schwedens. (Nach Nathorst.) — 2. Lebende Meduse — 3. Gipsabguß des Körperhohlraumes lebender Medusen. — 4. Abdruck einer Meduse auf kambrischem Sandsteine Schwedens. (Nach Nathorst.) Vgl. Text, S. 47.

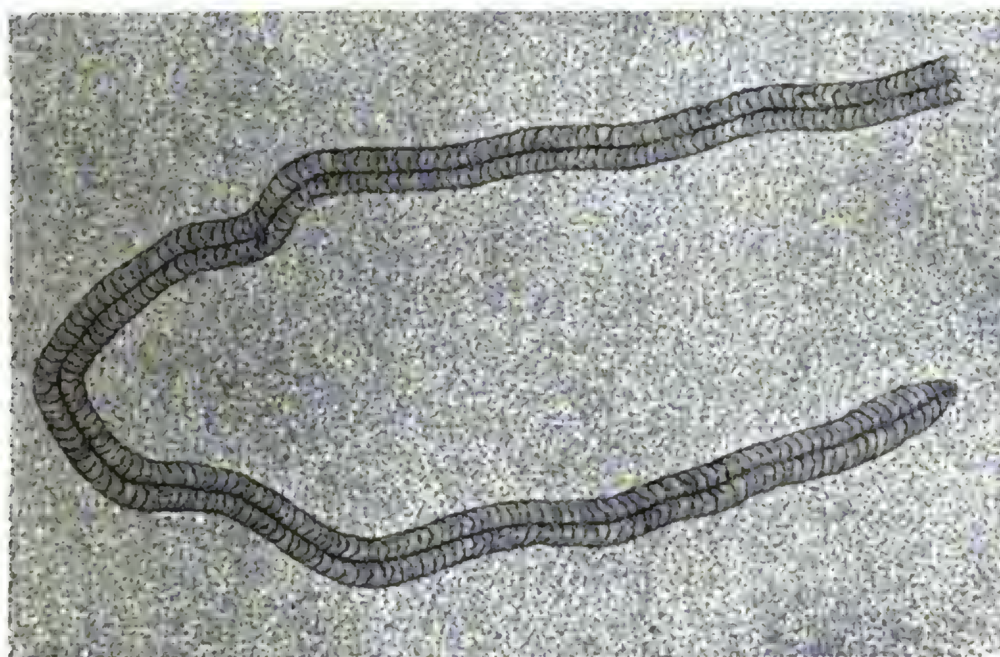
krümmte Eindrücke der kambrischen und silurischen Bildungen werden für die Abdrücke und Fährten von Würmern gehalten; das letztere mag auch wohl in manchen Fällen richtig sein, aber sicherlich sind diese Spuren von sehr verschiedenartigen Tieren hinterlassen. In neuerer Zeit beschäftigt man sich mehrfach damit, an Meeresküsten die Spuren zu studieren, welche Krebstiere, Würmer, Schnecken 2c. beim Kriechen auf dem weichen Boden zurücklassen, und hat mehrfach ganz überraschende Ähnlichkeiten mit jenen alten Fossilien gefunden. Namentlich ist die Übereinstimmung des als Nereites cambrensis bezeichneten Körpers (s. Abbildung, S. 49) mit den Spuren von Purpura lapillus eine sehr auffallende.

Sehr streitig ist endlich die Deutung jener Reste, welche man in der Regel als zu Meerespflanzen, zu Algen, gehörig betrachtet hat. Manche halten an dieser Deutung auch heute fest, andre sehen darin Fährten von Würmern, von Medusen ꝛc., in manchen sogar nur Strudelbewegungen des Wassers, während in gewissen Fällen (z. B. bei Oldhamia) sicher nur Verwechselung rein mineralischer Bildungen mit Versteinerungen vorliegt.



Nereites cambrensis. (Nach F. Römer.)

Fast ebenso bezeichnend wie das, was wir kennen, ist das, was in kambrischen Bildungen nicht vorkommt. In erster Linie ist hervorzuheben, daß in unbestritten kambrischen Schichten noch nie eine Spur von Foraminiferen gefunden worden ist, jenen kleinen, meist mit kalkiger, seltener mit kieselig-sandiger Schale versehenen Urtieren, welche wir in dem Abschnitte über die Schichtgesteine als mächtige Kalkbildner in den jüngern Formationen kennen gelernt haben. Auch in den meisten silurischen Ablagerungen sind sie äußerst spärlich vorhanden; nur eine einzige Schicht, die in der Umgebung von Petersburg auf der Grenze zwischen Cambrium und Silur auftretenden Glaukonitsande, enthalten stellenweise, wie es scheint in sehr großer Menge, Steinkerne

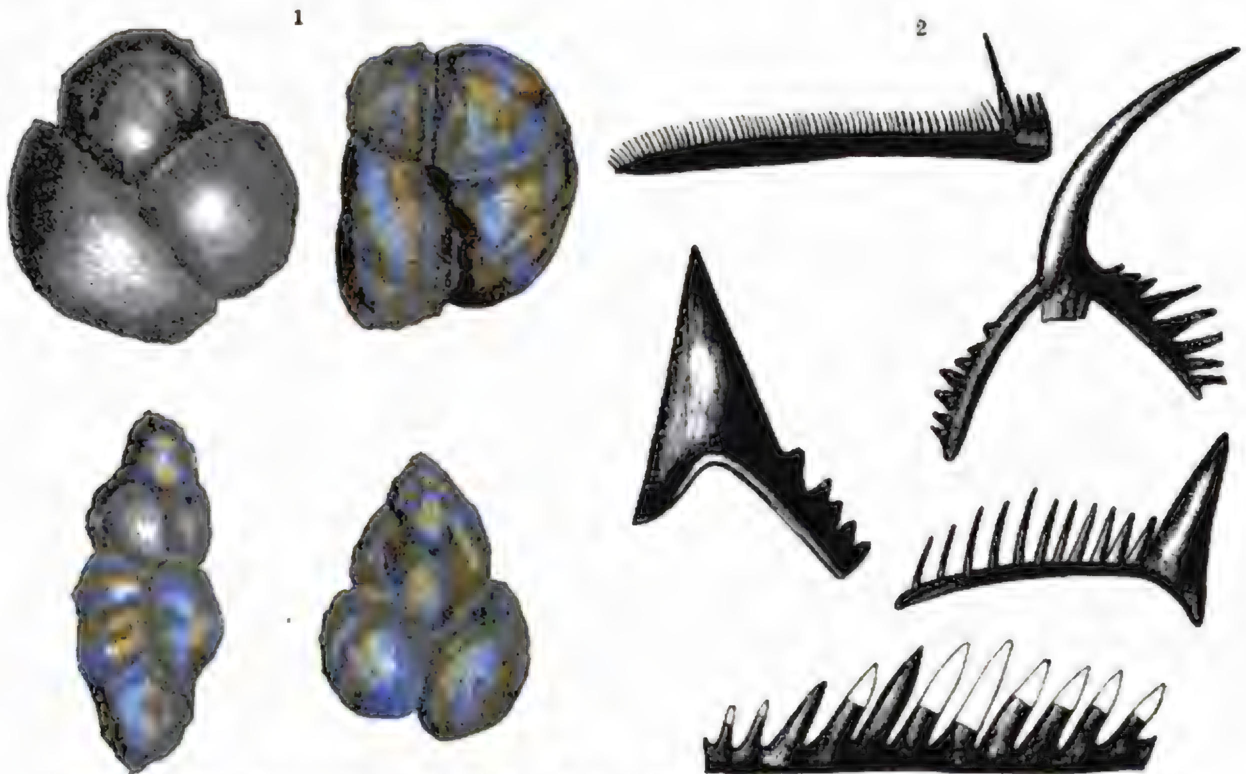


Kriechspuren einer lebenden Purpura lapillus auf weichem Thonschlamme; zum Vergleiche mit Nereites cambrensis. (Nach Etheridge und Nicholson.)

von Foraminiferen; ja, die Glaukonitkörner selbst scheinen nach den Untersuchungen von Ehrenberg großenteils solche Steinkerne zu sein (s. Abbildung 1, S. 50). Ein solches Vorkommen gibt viel zu denken; wenn in einer Gegend in einem bestimmten Horizonte massenhafte Foraminiferenreste auftreten, so müssen sie auch sonst weit verbreitet gewesen,

sie müssen in kambrischer und silurischer Zeit vielfach vorgekommen sein; aber wir finden ihre Reste nicht, sie sind uns nicht aufbewahrt, oder wir haben sie noch nicht zu finden verstanden, und dies erinnert uns recht lebhaft an die Unvollständigkeit unsrer Kenntnis.

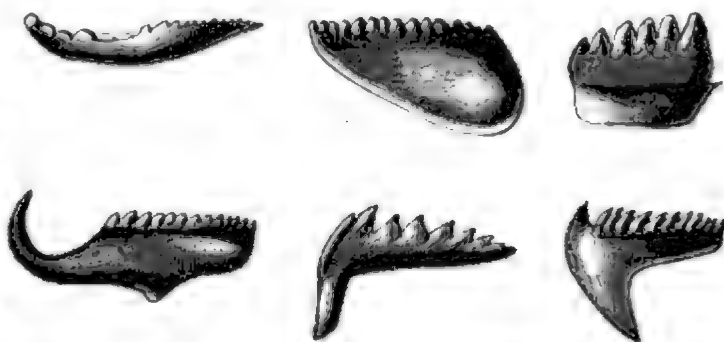
Eine weitere eigentümliche Erscheinung ist das Fehlen aller Korallen und korallenähnlichen Tiere, aller Cephalopoden und Muscheln in Schichten unter dem Olenenniveau und ihre Seltenheit in den höhern Ablagerungen. Endlich fehlen alle sichern Reste der höhern Tierwelt: in kambrischen Bildungen hat man noch nie eine Spur von solchen gefunden, jedoch erscheinen in jener eben genannten Schicht des Petersburger Glaukonitsandes, auf der Grenze zwischen kambrischen und silurischen Bildungen, eigentümliche,



1. Foraminiferensteinkerne aus dem Petersburger Glaukonitsande; stark vergrößert. (Nach Ehrenberg.) Vgl. Text, S. 49. — 2. Konodonten; stark vergrößert. (Nach Hindt.)

mikroskopisch kleine Körper, welche auf die Anwesenheit niedrig organisierter Fische hinweisen sollten. Pander entdeckte diese zahnartigen Gebilde, welche auch in höhern paläozoischen Ablagerungen mehrfach wiederkehren, und beschrieb sie unter dem Namen der Konodonten (s. obenstehende Abbildung 2). Er erklärte sie nach ihrer Form und ihrer mikroskopischen Struktur für Fischzähnchen, allein diese Deutung wurde vielfach bestritten; die einen sahen in den Konodonten Hautgebilde von Krustaceen oder Mollusken, Teile der Zungenbewaffnung von Schnecken oder Kiefer von Gliederwürmern oder Anneliden (s. Abbildung, S. 51). Nur die letztgenannte Ansicht kann vielleicht aufrecht erhalten werden, obwohl mehrfach in paläozoischen Ablagerungen und schon im untern Silur echte und sichere Annelidenkiefer vorkommen, die aber von den Konodonten sehr leicht zu unterscheiden sind. Große Ähnlichkeit haben die Konodonten immerhin trotz mancher Abweichungen mit den Zähnen gewisser niedrig organisierter Fische, nämlich der Neunaugen und ihrer Verwandten (Myxinoiden), und anderseits mit den Kiefern mancher jetzt lebender Würmer. Mit letztern stimmt nach Zittel und Rohon auch die mikroskopische Struktur überein, und somit ist die Zugehörigkeit der Konodonten zu Würmern oder wurmähnlichen Tieren immerhin die wahrscheinlichste Annahme.

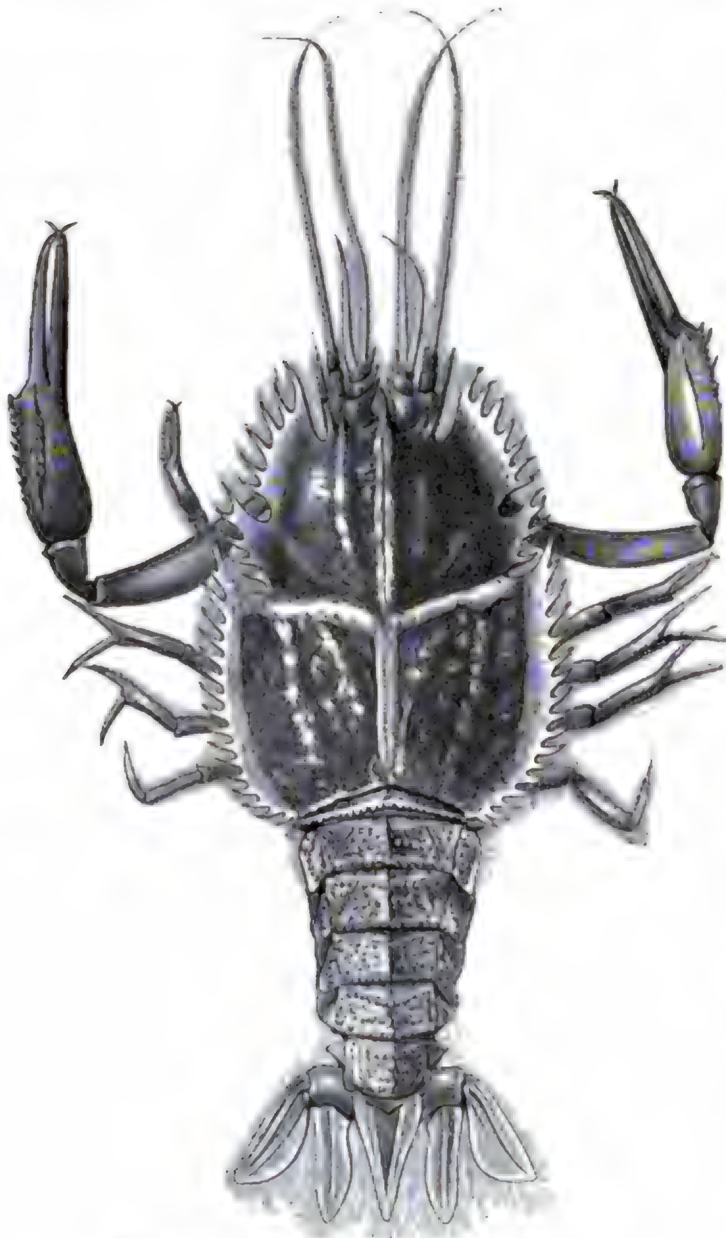
Natürlich sind bei den Versuchen, die Geschichte des Lebens auf der Erde zu verfolgen, diese ältesten Faunen der kambrischen Formation von allergrößter Bedeutung, und vielfach hat man ihr Auftreten und ihre Zusammensetzung benutzt, um daraus Schlüsse für oder wider die Darwinsche Theorie abzuleiten. Selbst der begeistertste Anhänger dieser letztern wird nicht behaupten können, daß die mitgeteilten Thatsachen irgendwie für seine Ansichten sprechen; er wird nur nachweisen können, daß dieselben nichts enthalten, was gegen eine allmähliche Veränderung der Organismen spricht. Wenn man allerdings annimmt, daß die kambrische Fauna nicht nur die älteste sei, die wir kennen, sondern die überhaupt existiert hat, und daß sie uns in den erhaltenen Fossilresten annähernd vollständig vorliegt, dann ist die Abstammungslehre eine Unmöglichkeit. Daß eine Tiergesellschaft, die aus zahlreichen hoch organisierten Krebsen, vielen Brachiopoden und einer Menge ganz vereinzelter Vertreter aus den verschiedensten Abteilungen des Tierreiches besteht, mit einer Urfauna im Sinne Darwins nicht die geringste Ähnlichkeit hat, bedarf wohl gar keiner weitern Auseinandersetzung. Wir könnten unter der Voraussetzung, daß die kambrischen Ablagerungen wirklich die Erstlinge tierischen und pflanzlichen Lebens auf der Erde enthalten, noch eine beschränkte Veränderlichkeit von Art zu Art oder vielleicht von Familie zu Familie annehmen, aber von jenem kühnen Prachtbaue einer Theorie, welche alle Wesen aus den einfachsten Urformen herleitet, bliebe wenig übrig, er wäre durch die einfachen Thatsachen der Zusammensetzung der kambrischen Fauna zu Trümmern und Scherben geschlagen.



Annelidenkiefer aus paläozoischen Ablagerungen; stark vergrößert. (Nach Hindl.) Vgl. Text, S. 50.

Wie wir jedoch gesehen haben, sind zwingende Gründe für die Annahme vorhanden, daß schon vor der kambrischen Periode während ungeheuer langer Zeiträume tierisches und pflanzliches Leben existiert hat. Allerdings hört man bisweilen einen Gegenbeweis, der sich leidlich gut ausnimmt; man fragt, warum denn gerade die kambrische Fauna überall die erste ist, warum nicht irgendwo auch ältere Fossilien sich erhalten haben. Dieser Einwurf wäre auch in der That sehr schwerwiegend, wenn er richtig wäre, aber bei näherer Betrachtung zerfällt derselbe in nichts. Die kambrische Formation repräsentiert einen ungeheuer langen Zeitraum; wir kennen nur eine einzige Trilobitengattung, die sich von der Mitte derselben bis ins untere Silur erhalten hat, während z. B. zahlreiche Trilobitengattungen vom Untersilur durch das Obersilur und den größern Teil des Devon hindurchreichen. Wir dürfen daraus mit viel Wahrscheinlichkeit schließen, daß das Cambrium unter allen paläozoischen Formationen die größte Zeitdauer umfaßt, innerhalb deren wir eine Reihe von größern Abteilungen und in diesen wieder viele kleinere Abschnitte unterscheiden können. Innerhalb dieser langen Reihe erscheinen nun die ältesten Fossilien bald in den alten unterkambrischen Schichten (Wales, Skandinavien, Böhmen), bald in den Paradoxidenschichten (Sardinien, Spanien, Rußland, Teile von Nordamerika), bald in den Olenenschichten (Teile von England, Argentinische Republik, Teile von Nordamerika), bald in den Tremadocbildungen (Hof in Bayern). Wir sehen also, daß in verschiedenen Gegenden in ganz verschiedenen Abteilungen der kambrischen Formation die ältesten Fossilien vorkommen, und die Ungleichmäßigkeit würde ohne Zweifel noch stärker hervortreten, wenn wir im stande wären, die einzelnen kleinern Unterabteilungen entfernterer

Länder mit Sicherheit vergleichend zusammenzustellen. Überdies gibt es Distrikte, wo nicht kambrische, sondern silurische, devonische oder karbonische Ablagerungen den ältesten fossilführenden Horizont bilden, welcher mit kristallinischen Schiefern in inniger Beziehung steht. Solche Fälle finden wir in gewissen Teilen der Alpen, in Mähren, in Norwegen ꝛc., während stellenweise in Italien, Griechenland, Hinterindien und Kalifornien sogar weit jüngere, mesozoische Bildungen unter ähnlichen Verhältnissen auftreten.



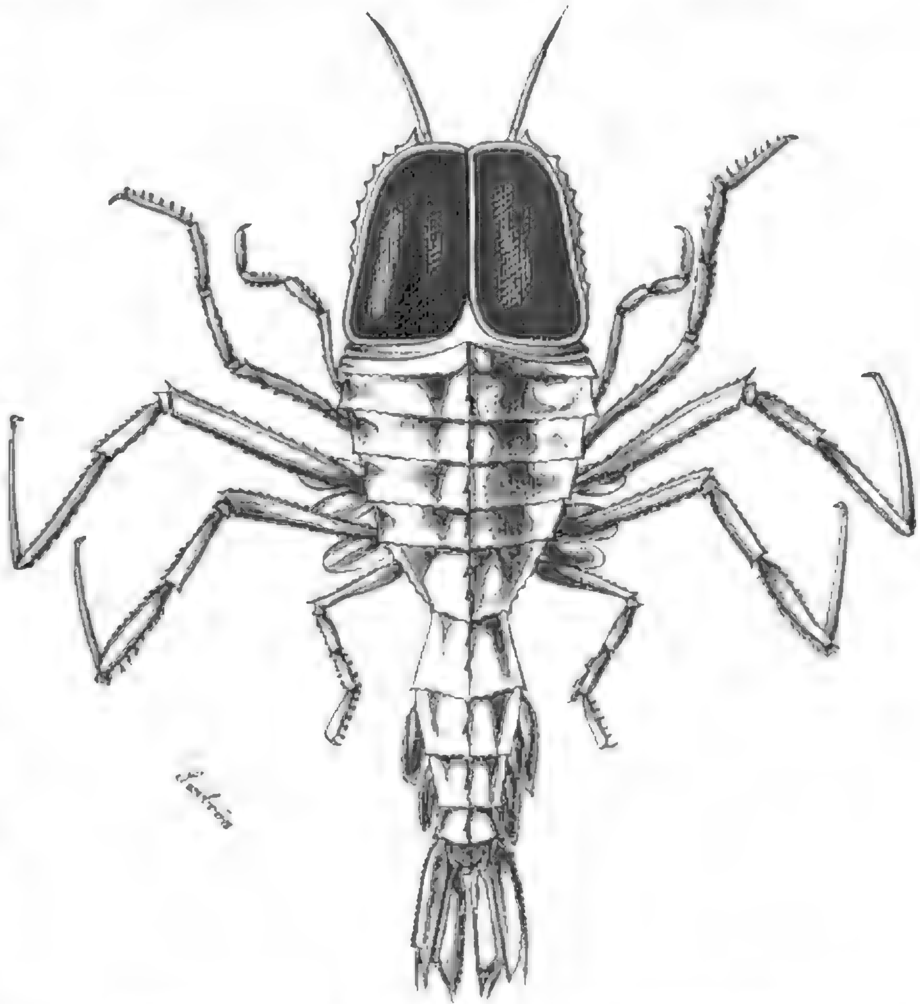
Willemoesia crucifera, ein blinder Tiefseekrebs. (Nach Wyville Thomson.) Vgl. Text, S. 53.

Ob wir Aussicht haben, an irgend einem Punkte der Erde vorkambrische Ablagerungen mit deutlichen Versteinerungen zu finden oder wenigstens eine reiche unterkambrische Fauna zu entdecken, können wir heute noch nicht entscheiden. Niemand wird zweifeln, daß unsre Kenntnis sich auch in dieser Richtung noch erweitern könne; ob aber dieser Fortschritt ein sehr großer und umfassender sein werde, läßt sich nicht sagen. Vorläufig scheint es, als ob aus China am ehesten noch eine Vermehrung unsers Wissens zu erwarten wäre, wo nach F. v. Richthofen eine bis über 6000 m mächtige Schichtfolge von Sandsteinen, Schiefern und Kalken vorhanden ist, die kambrische Fossilien in ihren obersten Abteilungen führt.

Bei einem Urteile über die wahre Bedeutung der kambrischen Fauna müssen wir verschiedene Eigentümlichkeiten derselben wohl beachten: ihre große Ähnlichkeit in weit voneinander entfernten Gegenden, ihren Charakter als verarmte Fauna, ferner den fast vollständigen Mangel an kalkabsondernden Organismen und endlich das zahlreiche Vorkommen blinder Tiere.

Wenn wir die kambrische Fauna als eine verarmte bezeichnen, so genügt zur Rechtfertigung dieser Auffassung der Hinweis auf die verhältnismäßig geringe Artenzahl durchaus nicht. Zwar ist der Kontrast zwischen etwa 11,000 silurischen und 500 kambrischen Formen auffallend genug, allein das würde uns doch nur berechtigen, die letztere Fauna arm, nicht aber sie verarmt zu nennen. Man könnte ja sagen, daß die kambrischen Bildungen dem Anfange des organischen Lebens noch so nahe liegen, daß sich keine größere Mannigfaltigkeit entwickeln konnte, und daß erst mit der Zeit im Verlaufe des Silur eine

Steigerung eintrat. Einer solchen Annahme widersprechen aber der ganze Charakter und die Zusammensetzung der Fauna. Wäre es eine noch arme, aber in kräftiger Entwickelung befindliche Tiergesellschaft, so müßten wir nur wenige, aber sehr reichlich vertretene Typen zu finden erwarten; in Wirklichkeit aber finden wir neben zwei artenreichen Gruppen, den Trilobiten und den Brachiopoden, eine Menge ganz isolierter, ärmlicher Repräsentanten der verschiedensten Gruppen des Tierreiches, und das ist gerade der entscheidende Charakter verarmter Vorkommnisse, welche die Überbleibsel einer weit reichern Bevölkerung darstellen. So verhält es sich in der Jetztzeit mit den Bewohnern sehr großer Meerestiefen, vom Meere abgetrennter Salzwasserbecken oder kleiner Inseln, die ursprünglich mit dem Festlande in Zusammenhang waren.



Cystosoma Neptuni, ein Tiefseekrebs mit riesig entwickelten Augen. (Nach Wyville Thomson.) Vgl. Text, S. 54.

Damit sind wir der richtigen Deutung schon wesentlich näher gerückt. Daß um jene Zeit über die ganze Erde hin eine große Verminderung des organischen Lebens stattgefunden habe, ist sehr unwahrscheinlich, ebensowenig können wir aber auch an rein lokale Ursachen, wie die Absperrung isolierter Becken, denken; die größte Wahrscheinlichkeit spricht dafür, daß die kambrischen Faunen Tiefseefaunen darstellen.

Damit stehen auch die übrigen Erscheinungen im Einklange; in unsern jetzigen Meeren treten in den Tiefen von mehr als 4000 m die kalkschaligen Formen ebenso stark zurück, wie wir es bei den kambrischen Ablagerungen gesehen haben, und auch zahlreiche blinde Krebse wohnen in jenen Tiefen, in welche kein Sonnenlicht mehr hinabzudringen vermag (s. Abbildung, S. 52).

Allerdings entsteht die Frage, ob wir denn die augenlosen Trilobiten als erblindete Formen betrachten dürfen oder aber als solche, welche niemals sehend waren. Für eine Erblindung spricht die Thatsache, daß bei einer Art (Trinucleus Bucklandi) nach den Untersuchungen von Barrande manche Exemplare in der Jugend zwar Augen besitzen, sie aber im Alter verlieren. Dazu kommt noch der zweite wichtige Umstand, daß in manchen, namentlich in gewissen untersilurischen Ablagerungen blinde Arten mit solchen zusammen vorkommen, bei welchen die Augen abnorm stark entwickelt sind. Das ist eine

Vergesellschaftung, die wir auch heute in den großen Meerestiefen beobachten können. Neben den blinden Tiefseekrebsen finden wir nämlich auch einige mit kolossalen Augen, welch letztere dazu bestimmt scheinen, das schwache Licht wahrzunehmen, welches zahlreiche phosphorisch leuchtende Tiere in jenen Meeresabgründen verbreiten (s. Abbildung, S. 53).

Gegen diese Beantwortung der obigen Frage ist der schwerwiegende Einwand erhoben worden, daß die blinden Formen in den kambrischen Ablagerungen sich in der Minderzahl befinden und neben ihnen eine Mehrzahl von Typen mit normalen Augen auftreten sollen. Wäre dies richtig, so könnte allerdings kein Schluß der erwähnten Art aus den geschilderten Verhältnissen abgeleitet werden, aber jene Behauptung ist unbegründet; die Augen der Trilobiten gehören zu den Teilen, die sich verhältnismäßig gut erhalten, es sind sogenannte zusammengesetzte Augen mit zahlreichen einzelnen Linsen, welche gewöhnlich einem niedern Augensockel aufgesetzt sind, bei einigen aber auch, ähnlich wie bei unsern Flußkrebsen, Hummern und Krabben, auf hervorragenden Stielen stehen. Nun sieht man aber bei den angeblich sehenden kambrischen Trilobiten nur den Augensockel; von dem Auge selbst, von seiner

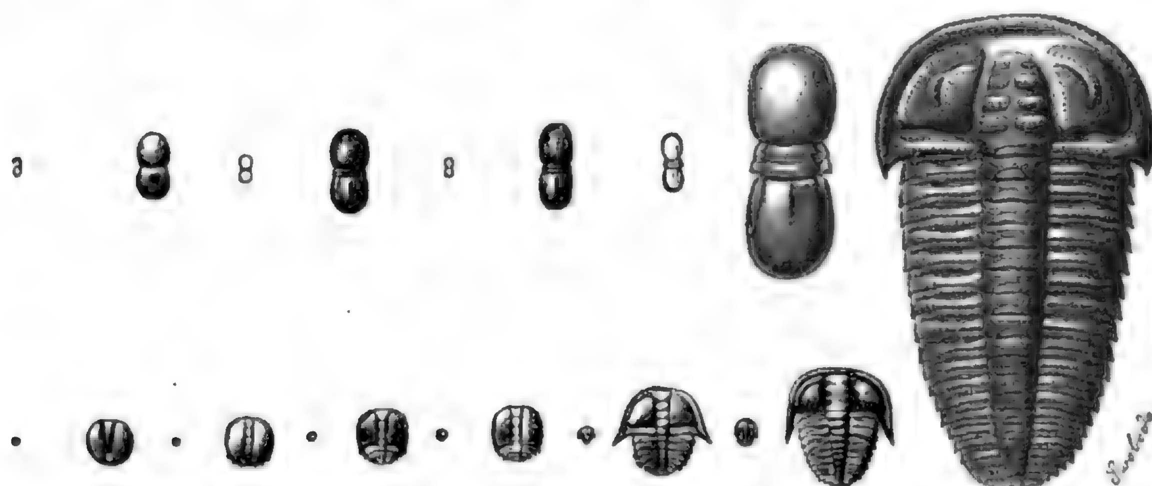
Die Augen der Trilobiten: 1. Auge von Phacops latifrons aus rheinischem Devon; vergrößert. — 2. Aeglina aus böhmischem Silur mit riesig entwickelten Augen, von oben gesehen. — 3. Kopf von Aeglina von unten; die beiden Augen vereinigen sich in der Mitte. — 4. Aeglina im Profile. (1 bis 4 nach Barrande.) — 5. Asaphus Kovalevskyi mit gestielten Augen, aus russischem Untersilur. (Nach Salter.) — 6. Augenstiele von Acidaspis mit den Augen an der Spitze, aus böhmischem Obersilur; vergrößert. (Nach Barrande.)

Einrichtung, den Linsen, die man sonst leicht beobachten kann, findet man jedoch keine Spur, und wir müssen daraus schließen, daß Formen wie Paradoxides und andre, bei welchen sich das geschilderte Verhältnis zeigt, jenen Tiefseekrebsen der Jetztzeit vergleichbar, erblindet sind, aber die Augensockel beibehalten haben.

Man hat zwar auch hiergegen eingewendet, daß die einzelnen Teile der Augen nur infolge des eigentümlichen und ungünstigen Erhaltungszustandes in den kambrischen Gesteinen nicht zu beobachten sind, daß aber die Linsen trotzdem vorhanden waren. Allein ganz abgesehen davon, daß dies doch ein sehr unwahrscheinliches Zusammentreffen von Umständen voraussetzen würde, läßt sich auch direkt zeigen, daß manche unter den kambrischen Thonschiefern für die Erhaltung der feinsten Einzelheiten an den Fossilien im höchsten Grade günstig waren. So ist es z. B. den unermüdlichen Bemühungen von Barrande gelungen, für einige der Trilobiten aus den Paradoxidenschichten Böhmens die ganze individuelle Entwickelung vom winzigen Jugendexemplare an, welches dem freien Auge als ein kaum erkennbares Pünktchen erscheint, und an dem trotzdem noch unter dem Vergrößerungsglase die kleinsten Einzelheiten erkennbar sind, nachzuweisen (s. obenstehende Abbildung und die auf S. 55). Es ist nicht einzusehen, warum sich nicht auch die feinern Teile der Augen an denselben Lokalitäten und in demselben Gesteinsmateriale hätten erhalten sollen, und es bleibt nur der Schluß übrig, daß überhaupt keine Augen entwickelt waren.

Digitized by Google

Aus allen diesen Anhaltspunkten können wir mit Bestimmtheit folgern, daß die uns bekannten kambrischen Fossilien verarmte Tiefseefaunen darstellen, und daraus geht ferner hervor, daß schon früher reichere Faunen existiert haben müssen, deren reduzierte Reste wir vor uns sehen, und daß auch gleichzeitig das seichte Wasser und die Küsten von einer mannigfaltigen Bevölkerung bewohnt waren. Diese Schlüsse beruhen auf so sicherer Basis, die einzelnen Umstände stimmen in so ausgezeichneter Weise miteinander überein, daß kein Zweifel gegen dieselben bestehen kann. Es wäre aber eine große Täuschung, wenn man glauben wollte, daß damit alle Schwierigkeiten gelöst seien. Wir kennen z. B. aus den kambrischen Ablagerungen vielfach Sandsteine und Konglomerate, die ihrer ganzen Beschaffenheit nach nicht im tiefen Meere oder allermindestens nicht fern von der Küste gebildet sein können. Man sollte nun gerade hier eine reiche Küstenfauna erwarten, aber gerade hier ist die Armut an tierischen Resten am allergrößten, ohne daß man einen hinreichenden Grund angeben könnte. Wohl kann man auf ganz ähnliche Vorkommnisse in jüngern Formationen



Agnostus (oben) und Sao hirsuta (unten) aus kambrischen Ablagerungen Böhmens, in ihrer individuellen Entwickelung. (Nach Barrande.) Alle Exemplare, mit Ausnahme des großen Stückes von Sao (rechts), sind vergrößert; die natürliche Größe ist links daneben gezeichnet. Vgl. Text, S. 54.

hinweisen; in den Alpen und Karpathen, in Italien und der Balkanhalbinsel, ferner im westlichen Teile von Nord- und Südamerika und in andern Ländern ist auf weite Strecken hin ganz oder teilweise die Kreideformation und der ältere Teil des Tertiär durch äußerst versteinerungsarme, aber sehr mächtige Sandsteine, Konglomerate und Schieferthone vertreten, während sonst diese Formationen eine große Menge von Tier- und Pflanzenresten zu führen pflegen. Diese Flysch- oder Macigno-Entwickelung jener weit jüngern Perioden hat mit vielen kambrischen Sandsteinen große Ähnlichkeit, und wie in diesen, so bestehen auch in jener die Spuren organischen Lebens in der Regel nur aus jenen schwer deutbaren Vorkommnissen, die man auf die Anwesenheit von Würmern oder Algen zurückzuführen pflegt. Wir können freilich auch nicht sagen, unter welchen Bedingungen die Flyschabsätze sich gebildet haben, aber wir erhalten in ihnen wenigstens ein Analogon aus späterer Zeit für die kambrischen Sandsteine, welches beweist, daß diese sich nicht unter ganz ausnahmsweisen Verhältnissen gebildet haben, wie sie in jüngern Perioden nicht mehr vorkamen.

Dabei bleibt aber noch immer das Rätsel ungelöst, warum wir neben den fossilleeren nicht auch fossilreiche kambrische Ablagerungen aus minder tiefem Wasser kennen; wie es kommt, daß man z. B. noch nie kambrische Kalke mit vielen Korallen, Echinodermen und kalkschaligen Mollusken gefunden hat. Ein erster Anfang scheint in dieser Richtung allerdings durch die neuen Untersuchungen von Marcou über die kambrischen (takonischen)

Ablagerungen an den Ufern des Champlainsees im nordamerikanischen Staate Vermont gegeben, wo den oberkambrischen Olenenschiefern Kalklinsen eingelagert sind mit einer Fauna, in welcher Cephalopodengehäuse, Muschelschalen, zahlreiche kalkschalige Brachiopoden und einige entschieden untersilurische mit kambrischen Trilobiten vergesellschaftet vorkommen. Wenn auch dieser Auffassung von Marcou abweichende Deutungen andrer Forscher gegenüberstehen, scheinen doch die von dem erstern angeführten Thatsachen kaum eine andre Annahme zu gestatten. Man hat die Ansicht ausgesprochen, daß kambrische Seichtwasserbildungen in größerer Zahl existieren und, uns längst bekannt, aber in ihrer Bedeutung nicht erkannt, mit Silurbildungen verwechselt worden sind; doch ist, wenn eine solche Möglichkeit auch nicht ausgeschlossen ist, die thatsächliche Begründung der Annahme eine sehr schwache.

Man wird dadurch zu dem Schlusse geführt, daß alle derartigen Ablagerungen im Laufe der Zeit durch Denudation zerstört oder metamorphosiert worden seien; aber auch gegen eine solche Ansicht erheben sich mancherlei schwere Bedenken. Wir stehen vor einem Falle, für dessen Beurteilung unsre Wissenschaft noch nicht weit genug gediehen ist, dessen Studium der Zukunft angehört. Es ist das indes nicht ein ganz allein stehendes Rätsel, sondern es bildet nur ein Glied in einer großen Reihe unverstandener Erscheinungen, auf welche im ersten Abschnitte dieses Bandes hingewiesen wurde: die riesenhafte Verbreitung von mächtigen Binnenablagerungen mit Kohlenflözen in der Karbonformation, das Fehlen oder die Seltenheit von Landpflanzen in andern Horizonten, z. B. im ganzen Silur, das ausgedehnte Vorkommen gewaltiger Massen von versteinerungsarmem roten Sandsteine in gewissen Formationen, kurz jene Phänomene, welche mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit auf große Umgestaltungen in den Festlandsockeln und in der Verbreitung der Meere hindeuten, gehören hierher, und ihre richtige und naturgemäße Erklärung bildet ein wichtiges Problem für die Geologie, an das mit Erfolg herantreten zu können wir aber für jetzt noch verhältnismäßig wenig Aussicht haben.

Zu Schlüssen auf die physisch-geographischen Verhältnisse unsrer Erde in jener Zeit bieten die kambrischen Bildungen nur sehr geringen Anlaß. Ablagerungen aus großen Meerestiefen mit ihrer über weite Strecken sehr gleichmäßigen Bevölkerung, deren Gleichartigkeit durch die überaus geringen Unterschiede in den äußern Lebensverhältnissen bedingt wird, lassen gerade in dieser Richtung nur sehr wenig Folgerungen zu, und in den Sandsteinen und Konglomeraten des seichtern Wassers fehlt es an wohlerhaltenen Überresten von Organismen, welche unser Urteil zu leiten geeignet wären. Man hat aus dem Fehlen von Binnenablagerungen und von eingeschwemmten Landpflanzen in den marinen Schichten schließen wollen, daß damals überhaupt noch keine Festländer, ja nicht einmal kleine Inseln existiert haben und der ganze Erdball von einer zusammenhängenden Wasserhülle bedeckt war. Allein diese Auffassung ist eine vollständig unrichtige, denn wir haben ungeheuer mächtige Ablagerungen, welche aus mechanischen Sedimenten bestehen, und das Material für deren Bildung, die Massen von Sand, Gerölle und Schlamm, aus welchen die Sandsteine, Konglomerate und Thonschiefer entstanden, müssen von der mechanischen Zerstörung älterer Gesteine herrühren. Eine solche kann aber, wie früher gezeigt wurde, in der Tiefe des Meeres nicht stattfinden, sondern nur auf festem Lande oder da, wo die Meeresbrandung eine Küste peitscht. Schon die Natur der kambrischen Felsarten, der Sandsteine, Konglomerate und Thonschiefer, beweist uns also mit unwiderleglicher Schärfe die Existenz ausgedehnter Landmassen in jener Zeit.

Wir schließen damit die Schilderung der kambrischen Formation und fügen zum Schlusse eine kleine Tabelle bei, welche die Entwickelung der hierher gehörigen Ablagerungen in verschiedenen Gegenden und deren Parallelstellung in ihren wichtigsten Hauptzügen angibt.

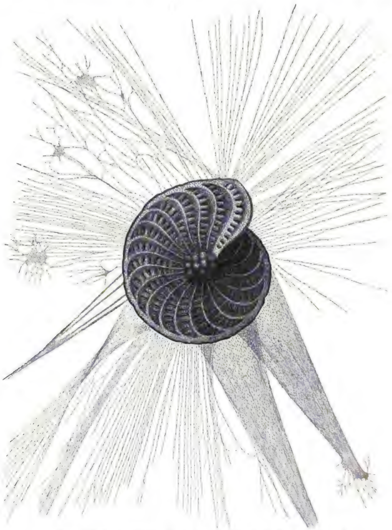
	England	Schweden	Russ. Ostseegebiet	Deutschland	Böhmen	Nordamerika	Andre Gegenden
	Tremadocgruppe. Mengung silurischer und kambrischer Trilobitengattungen. Olenus, Asaphus ꝛc.	Ceratopygekalk.	? Glaukonitsand, Dictyonemeschiefer.	Schichten von Hof. Mengung silurischer und kambrischer Trilobitengattungen. Olenus, Asaphus.	? Stufe Dd, β. Mengung kambrischer u. silurischer Trilobiten. Amphion, Harpides.	Quebecgruppe, zum Teile; Calciferous Sandstone. Mengung kambrischer u. silurischer Trilobitengattungen.	
Oberkambrisch	Festinioggruppe (Lingula flags). Zahlreiche Trilobiten ohne Paradoxides. Olenus häufig.	Olenusschichten.	Scheint zu fehlen.	Kambrischer Schiefer im Thüringer Walde und Fichtelgebirge.	? Stufe Dd, α. Von Fossilien nur Lingula Feistmanteli.	Potsdamsandstein. Trilobiten ohne Paradoxides. (NB. An einigen Punkten scheint der Potsdamsandstein in das nächst tiefere Niveau hinabzureichen.)	Trilobitenschichten der Provinz Liantung in China. Olenusschichten d. argentinischen Anden.
	Meneviangruppe. Zahlreiche Trilobiten, darunter Paradoxides.	Paradoxidenschichten.	Obolussandstein.		Stufe C. Paradoxidenschichten.	Akadische Stufe, mit Paradoxides.	Paradoxidenschichten in Spanien und auf Sardinien.
Unterkambrisch	Harlechgruppe. Oben Paradoxides, Plutonia ꝛc., unten Lingulella ferruginea.	Fucoiden- und Eophytonsandstein.	Blauer Thon		Stufe B. Přibramer Grauwacken und Schiefer.	? Teile der takonischen u. huronischen Schichten.	

Die Fauna der Silurformation.

Als die Römer das heutige Wales zu unterwerfen suchten, stellte sich ihnen der keltische Volksstamm der Silurer unter seinem Führer Caradoc oder Caratacus zu mutigem und zähem Widerstande entgegen. Diesen Ureinwohnern zu Ehren nannte Murchison den zweiten der großen paläozoischen Abschnitte, welcher gerade in dem alten Stammsitze dieser Völkerschaft ausgezeichnet entwickelt ist, Silurformation, während eine Abteilung derselben dem alten Heerkönige gewidmet ward und nun als Caradocstufe in der geologischen Nomenklatur figuriert. Die englische Entwickelung des Silur gilt als der normale Typus für die Ausbildung der Formation, da diese daselbst zuerst eingehend untersucht wurde, und infolge des Reichtumes ihrer Gliederung und der Fossilien in dieser Region ist auch die Wahl eine recht passende.

War in den kambrischen Ablagerungen die Zahl und Mannigfaltigkeit der Fossilarten eine sehr geringe, wofür nur die Massenhaftigkeit der Exemplare einer und derselben Form stellenweise einigen Ersatz bot, so stellt sich im Silur ein überaus reiches Leben niederer Meerestiere ein, so üppig, so verschiedengestaltig und typenreich, daß es in keiner spätern Periode mehr übertroffen wird. Es sind nun schon weit über 10,000 Arten aus allen der Erhaltung überhaupt fähigen Klassen und den meisten Ordnungen wirbelloser Meerestiere gefunden worden, die zum Teile von den jetzt lebenden Geschöpfen sehr weit abweichen. Daneben aber können wir das Auftreten von Korallenriffen, ähnlich jenen unsrer heutigen Meere, erkennen und manches andre, was den jetzigen Verhältnissen schon näher steht.

Das Gesamtbild der Tierwelt ist ein sehr weit von dem der kambrischen Fauna verschiedenes geworden, allein, wie wir gesehen haben, ist dieser mächtige Abstand nicht lediglich der allmählichen Umgestaltung der Formen im Laufe der Zeit, sondern hauptsächlich dem Umstande zuzuschreiben, daß wir aus der kambrischen Formation nur Tiefseeablagerungen

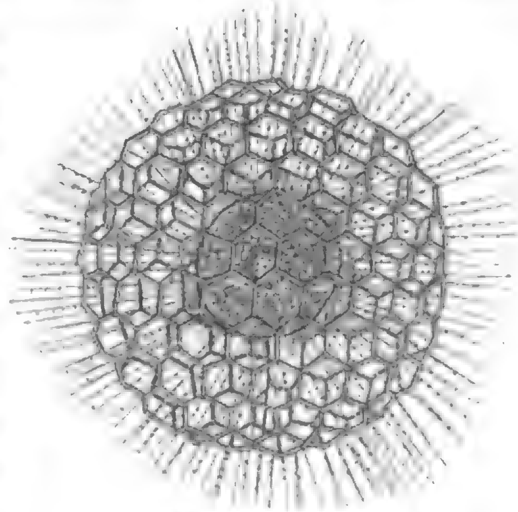


Lebende Foraminifere (Polystomella strigillata). 200mal vergrößert. Vgl. Text, S. 59.

Digitized by Google

in eintöniger Facies, aus dem Silur dagegen die mannigfaltigsten verschiedenartigen Entwickelungsarten mit einer Menge von Typen kennen.

Von Urtieren oder Protozoen sind die Gehäuse der Foraminiferen außerordentlich wenig bekannt; abgesehen von jener auf der Grenze zwischen kambrischen und silurischen Bildungen gelegenen Schicht von Glaukonitsanden in der Gegend von Petersburg, welche schon oben erwähnt wurde, sind nur ganz vereinzelte, überaus seltene Vorkommnisse, namentlich aus England, zu erwähnen; dasselbe wiederholt sich auch in der auf das Silur folgenden devonischen Formation, und erstaunt fragt man sich nach dem Grunde dieser rätselhaften Erscheinung. Man sollte doch erwarten, daß gerade diese niedrigst organisierten Lebewesen in der ältesten Zeit massenhaft vorhanden gewesen seien. Wohl ist es ziemlich natürlich, daß gut erhaltene Reste sehr spärlich sind, da die festen Thonschiefer, Grauwacken, Quarzite und Kalke jener Ablagerungen sich im allgemeinen wenig für Aufbewahrung derselben eignen; allein man sollte wenigstens erwarten, daß das Mikroskop in den Dünnschliffen silurischer Kalke Spuren derselben in Menge nachweisen werde. Soweit man aber bisher die Untersuchungen ausgedehnt hat, ist das nirgends der Fall, obwohl die Existenz von Foraminiferen seit dem Beginne des Silur mit Sicherheit nachgewiesen ist.

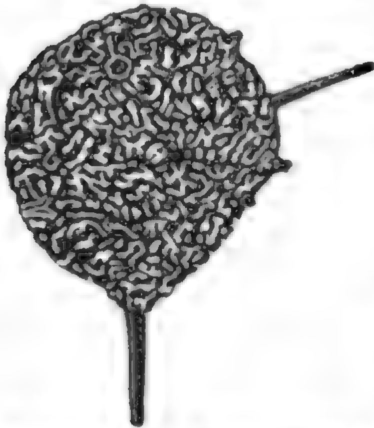


Lebende Radiolarie; stark vergrößert. (Nach Bütschli.)

Neben den spärlichen Resten der Foraminiferen stellen sich noch Stellvertreter einer zweiten, etwas höher organisierten Abteilung der Urtiere ein; es sind die sogenannten Radiolarien, überaus kleine, frei im Meere schwimmende Tierchen, welche in der Jetztwelt stellenweise in ganz ungeheurer Menge vorkommen und in gewissen Regionen mit ihren Überresten den Boden der großen Meerestiefen vollständig bedecken. Bei den Foraminiferen stand der Körperbau noch auf niederster Stufe, man kann von einzelnen Körperteilen, von Organen, gar nicht sprechen, indem der ganze Leib des Tieres eine gleichmäßige schleimige Masse bildet. Jeder Teil derselben kann zu jeder Lebensfunktion dienen, einzelne Teile des Körpers werden als fadenförmige Fortsätze, Pseudopodien, ausgestreckt: sie verschwimmen miteinander, werden wieder eingestülpt, andre ausgesendet. Die Nahrung wird einfach in der Weise aufgenommen, daß eine fremde Substanz von der Leibesmasse umschlossen und assimiliert wird, ohne daß ein besonderes Verdauungssystem vorhanden wäre (s. Abbildung, S. 58).

Die Radiolarien ihrerseits erheben sich schon etwas über dieses tiefste Stadium; es beginnt eine Sonderung einzelner Teile, indem sich in der Mitte des Körpers eine Zentralkapsel, eine von einer Membran umschlossene Zelle, abscheidet. Auch diese Tierchen haben vielfach feste Ausscheidungen, die sich aber von jenen der Foraminiferen sehr wesentlich unterscheiden. Wir haben hier keine eigentlichen Gehäuse, sondern überaus zarte und zierliche Gerüste; bald sind es nur einzelne Nadeln, die sich miteinander verbinden, bald finden wir Kugeln, Glocken und ähnliche Bildungen, die aus einem unendlich fein durchbrochenen Gitterwerke bestehen und bald für sich, bald mit Nadeln kombiniert auftreten. Die Substanz dieser Gerüste besteht aus reiner Kieselsäure. Die obenstehende Abbildung zeigt eine lebende Radiolarie in sehr starker Vergrößerung: eine Gitterkugel ist vorhanden, welche in der Zeichnung in kräftigern Strichen hervortritt; im Innern sieht man die runde Zentralkapsel, während von den Rändern die feinen Fortsätze oder Pseudopodien ausstrahlen.

Reste dieser überaus kleinen Tierchen sind jetzt in den meisten Formationen und auch im Silur bekannt, wo sie in den Kieselschiefern Sachsens von Rothpletz entdeckt wurden. Es knüpft sich ein eigentümliches Interesse an unsre Kenntnis der fossilen Radiolarien; nämlich als Ehrenberg anfing, das Mikroskop zur Aufsuchung winziger Organismen in den Gesteinen anzuwenden, und auf diesem Gebiete mit unerhörtem Erfolge Entdeckung auf Entdeckung häufte, da fand er auch sehr bald, daß einige lockere kieselige Gesteine ganz oder zum größten Teile aus den Skeleten von Radiolarien zusammengesetzt seien. Die Provinz Oran in Algerien, Caltanissetta in Sizilien, die Insel Ägina, vor allem aber die westindische Insel Barbados ꝛc. lieferten Hunderte von Arten; aber alle diese Lokalitäten gehören in die geologisch sehr jungen Ablagerungen in die jüngere Hälfte der Tertiärzeit. Lange erfuhr dann unser Wissen keine Erweiterung mehr, und man glaubte Jahrzehnte hindurch, daß die Radiolarien erst sehr spät erschienen seien und in allen ältern Ablagerungen gefehlt haben. So lagen die Sachen zu Anfang der siebziger Jahre. Da fand Waagen eine Radiolarie im obern Jura, Zittel einige weitere in der Kreideformation in schön erhaltenen Exemplaren. Man begann mit einer neuen Methode nach diesen kleinen Dingen zu forschen, man untersuchte Dünnschliffe von allerhand Kieselgesteinen, von Kieselschiefer, Feuerstein ꝛc., und sofort zeigten sich in denselben allerwärts die Spuren der Radiolarien bis hinab in die alten Bildungen der Silurformation (s. nebenstehende Abbildung).


Durchschnitt einer Radiolarie aus silurischem Kieselschiefer Sachsens; stark vergrößert. (Nach Rothpletz.)

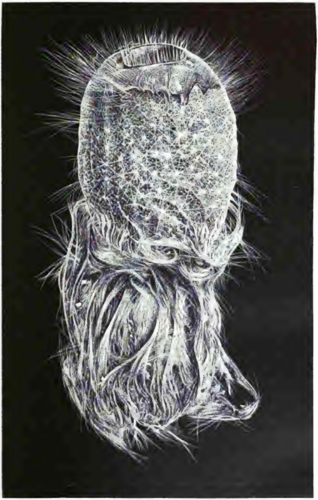
Es gibt kaum ein Beispiel, welches besser zu zeigen geeignet wäre, wie außerordentlich gering unsre Kenntnis der fossilen Vorkommnisse ist, und wie großen Irrtümern man sich aussetzt, wenn man sichere Schlüsse aus dem Fehlen irgend welcher Formengruppen in einem bestimmten Zeitabschnitte ableiten will. Sechs Jahre haben genügt, um die Radiolarien aus einer geologisch sehr jungen zu einer uralten Gruppe zu machen, und niemand weiß, welche Überraschungen dieser Art der nächste Tag bringen wird. Darum ist es auch unmethodisch, auf derartige Verhältnisse wie die Statistik des Vorkommens einzelner Formengruppen weittragende Schlußfolgerungen zu gründen, wie das bezüglich der Abstammungslehre von manchen Seiten geschehen ist.

Sehr viel reichlicher als die Urtiere oder Protozoen sind im Silur die zunächst in der Organisationsstufe über ihnen folgenden Cölenteraten, zu welchen in der Jetztwelt die Meerschwämme oder Spongien, die Korallen, die Quallen oder Medusen und deren verschiedenartige Verwandte gehören. Bei diesen Tieren sehen wir schon eine weiter gehende Differenzierung. Der ganze Körper besteht nicht mehr aus einfacher Plasmamasse, sondern ist aus einzelnen Zellen und Geweben aufgebaut. Ferner finden wir einen großen Körperhohlraum, welcher die Funktionen des Verdauungssystemes und des Blutgefäßsystemes der höhern Lebewesen erfüllt, und bei den vollkommenern Cölenteraten tritt sogar auch innerhalb dieses Hohlraumes eine weitere Teilung ein.

Die niederste Stufe unter diesen Geschöpfen nehmen die Seeschwämme oder Spongien ein, die einen sehr einfachen Körperhohlraum besitzen, und deren Leib zum größten Teile aus Zellen der einfachsten Art zusammengesetzt ist. In die innere Leibeshöhle führen stets zahlreiche Poren und außerdem in der Regel eine oder mehrere größere Auswurfsöffnungen, Oscula. Zum erstenmal finden wir hier die höchst interessante und merkwürdige Erscheinung der Kolonienbildung, indem oft zahlreiche einzelne Individuen miteinander verwachsen und, in große Stöcke vereinigt, gemeinsamen Lebenshaushalt führen.

Im fossilen Zustande können sich natürlich nur die festen Skeletteile erhalten, welche von

den Schwämmen ausgeschieden werden. Manche bestehen allerdings ganz aus vergänglichen Weichteilen, in der Regel aber finden wir ein eigentümliches inneres Gerüst, ein Gewebe

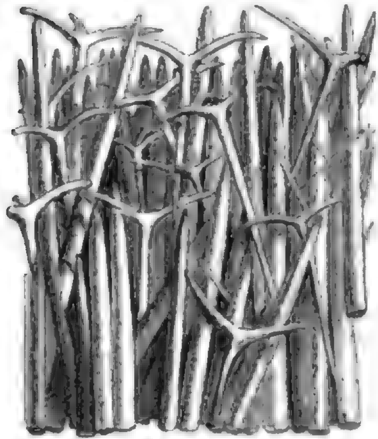


Lebender Kieselschwamm (Holtenia Carpenteri) aus der Tiefsee. Natürliche Größe. Vgl. Text, S. 62.

von miteinander verbundenen Nadeln oder Fasern, die entweder aus horniger organischer Substanz oder aus unorganischen kalkigen oder kieseligen Ausscheidungen bestehen. Jedermann kennt den Badeschwamm, dessen Skelet aus einem porösen Netzwerke innig miteinander verflochtener Hornfasern besteht. Natürlich können sich solche Gebilde fossil nicht oder

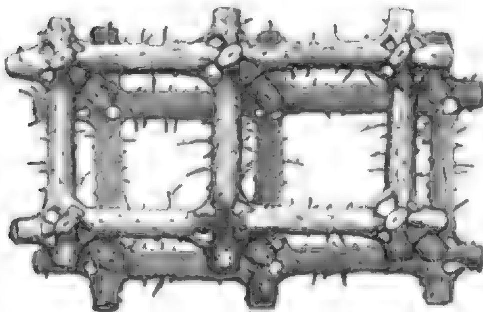
Digitized by Google

nur in Ausnahmefällen erhalten, dagegen ist das bei solchen Spongien der Fall, bei welchen das feste Gerüst aus kalkigen, oder noch mehr, wo es aus kieseligen Nadeln besteht. Die letztern Formen, die Kieselschwämme, finden sich in allen ältern Perioden, und auch heute leben sie in ungeheurer Menge am Meeresgrunde. Doch gehören sie zu jenen Geschöpfen der Jetztwelt, welche wir verhältnismäßig ziemlich selten zu Gesichte bekommen, weil sie dem seichten Wasser fast ausnahmslos fremd sind und der großen Mehrzahl nach in jenen Tiefen des Ozeanes leben, aus welchen nur mit größern Schleppnetzen Material ans Tageslicht gebracht werden kann. So ist es gekommen, daß die lebenden Kieselschwämme bis vor verhältnismäßig kurzer Zeit nur sehr wenig bekannt und uns daher die wahre Bedeutung ihrer zahllosen fossilen Vorfahren nur unvollkommen verständlich war (s. Abbildung, S. 61).


Kieselnadeln von Tetraktinelliden. (Nach Zittel)

Die äußere Form der Spongien ist eine sehr wechselnde und mannigfaltige. Daher sind die Merkmale derselben wenig beständig und leisten für die Beurteilung der Verwandtschaftsverhältnisse nur geringe Dienste, so daß wir in dieser Hinsicht ganz auf den Bau der mikroskopischen Skeletelemente angewiesen sind.

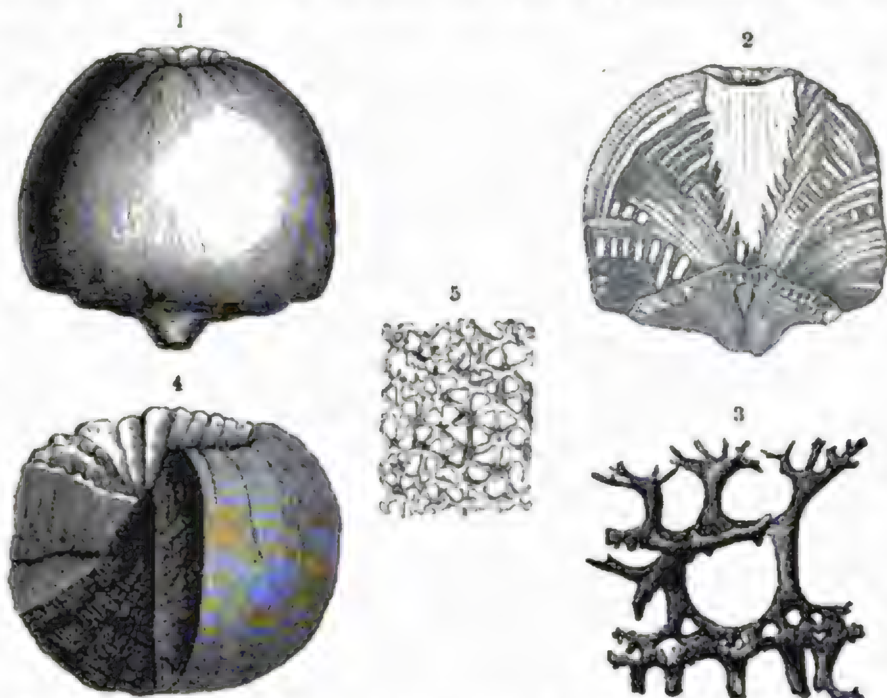
Bei den Kieselschwämmen, welche allein bis jetzt aus dem Silur bekannt sind, tritt auch in dieser Beziehung große Mannigfaltigkeit der Formen auf. Bei den einen (Familie der Monaktinelliden) sind ganz einfache, gerade Nadeln vorhanden, bei andern vierstrahlige Nadeln (Tetraktinelliden, s. nebenstehende Abbildung), bei einer dritten, außerordentlich verbreiteten Gruppe, den Lithistiden, bestehen die Kieselelemente aus mehr oder weniger verzweigten Körpern, die an ihren Enden oder auch ihrer ganzen Länge nach mit wurzelartigen, knorrigen Ausläufern versehen sind, während wir bei einer vierten Gruppe, den Hexaktinelliden, ein überaus zierliches und regelmäßiges Gerüst sechsstrahliger Nadeln vorfinden (s. nebenstehende Abbildung).


Nadelgerüst eines Hexaktinelliden. (Nach Zittel.)

Es liegt natürlich unserm Ziele fern, uns hier mit den sehr verwickelten Einzelheiten im feinern Baue der einzelnen Familien zu beschäftigen. Die silurischen Schwämme, mit denen wir uns hier bekannt machen müssen, gehören der Anlage ihrer Elemente nach den einfachsten Formen der Kieselschwämme an, die wir überhaupt kennen: teils sind es Monaktinelliden mit ganz geraden Stabnadeln, teils Formen, welche dem wenigst komplizierten Typus der Lithistiden mit knorrigen Wurzelausläufern angehören oder von diesem zu den höher entwickelten Nadelformen späterer Perioden hinüberzuführen scheinen. Insofern entsprechen diese ältesten Schwämme recht wohl den Voraussetzungen der Abstammungslehre, da sie bei verhältnismäßig einfachem Baue Merkmale in sich vereinigen, welche wir später auf verschiedene Gruppen verteilt finden. Trotzdem aber sind wir noch sehr weit davon entfernt, etwa eine vollständige Stammesgeschichte der Kieselschwämme entwerfen zu können, und wenn dieses Ziel je erreichbar sein sollte, so ist jedenfalls dazu noch außerordentlich viel neues Material erforderlich.

Die wichtigsten Vertreter der silurischen Kieselschwämme sind die Gattungen Aulocopium und Astylospongia (s. Abbildungen, S. 63). Äußerlich sind diese Formen, wie alle

ihre silurischen Verwandten, dadurch recht auffallend charakterisiert, daß sie auf ihrer Unterseite keine Spur einer Anheftungsstelle zeigen. Sie lagen also im Gegensatze zu der ungeheuern Mehrzahl der spätern Schwämme, welche festgewachsen sind, frei am Meeresboden. Es ist das ein Umstand, der nicht so geringfügig ist, wie es auf den ersten Anblick scheinen möchte. Von den verschiedenen Autoren, die sich mit derartigen Fragen beschäftigt haben, wird ziemlich einstimmig angenommen, daß innerhalb einer und derselben Formengruppe die festgewachsenen Typen als niedriger organisiert zu betrachten seien als diejenigen, welche keine Anheftung zeigen, sondern frei sind, und man könnte daher von diesem Standpunkte aus die Frage aufwerfen, ob etwa die geologisch ältesten Schwämme in der Entwickelung ihrer Weichteile auf höherer Stufe standen als ihre Nachkommen, ob wir es in den Spongien mit einem degenerierenden Stamme zu thun haben.



Silurische Kieselschwämme: 1. Aulocopium aurantium. — 2. Dasselbe durchgeschnitten. — 3. Skeletelemente desselben; stark vergrößert. — 4. Astylospongia praemorsa, ein Viertel des Schwammes herausgeschnitten. — 5. Skeletelemente von Astylospongia: stark vergrößert. (Nach Römer und Zittel.) Vgl. Text, S. 62.

Von ungleich größerer Bedeutung als die Schwämme sind die **Korallen in den Ablagerungen des Silur.** Während aus der kambrischen Formation nichts oder höchstens sehr unsichere Spuren dieser großen Klasse des Tierreiches bekannt sind, erscheinen sie jetzt in wunderbarer Vielgestalt und Massenentfaltung. Schon in jener frühen Zeit sehen wir sie unter ganz ähnlichen Verhältnissen auftreten wie in der Jetztzeit, an vielen Punkten finden wir große Anhäufungen ihrer kalkigen Kolonien, sie treten als Gesteinsbildner mächtig in den Vordergrund, und offenbar bauten sie schon damals Riffe, welche in den wesentlichsten Punkten jenen entsprechen, die heute die Küsten der tropischen Meere umsäumen. Ziemlich vereinzelt im Untersilur (Nordamerika), gewinnen die Korallenriffe in der obern Hälfte der Formation ganz gewaltig an Bedeutung: in Böhmen, den russischen Ostseeprovinzen, auf der Insel Gotland, in Norwegen, in Nordamerika und in verschiedenen andern Gegenden treffen wir auf ihre Reste, ja bis hinauf in den hohen Norden, weit jenseit des 70. Breitengrades, haben kühne Forschungsreisende silurische Riffkorallen gefunden.

Diese merkwürdigen Thatsachen regen sofort die schwierige Frage nach den **klimatischen Verhältnissen** an, welche in der **Urzeit auf der Erdoberfläche** geherrscht haben. Es ist eine allbekannte Thatsache, daß heute die großen, stockbildenden Korallen und ihre Riffbauten nur in den heißen Meeren gedeihen, nur in Regionen, in welchen die Temperatur des Meereswassers das ganze Jahr hindurch nie unter 20° C. herabsinkt. Wenn wir nun im nördlichsten Teile von Nordamerika auf Norddevon, auf der Beechey-Insel ꝛc., silurische Riffkorallen finden, so liegt die Vermutung nahe genug, daß damals weit jenseit der Polarkreise ein Klima geherrscht habe, wie wir es heute zwischen den Wendekreisen finden. So

bestechend aber auch eine solche Folgerung klingen mag, so ist doch, wie oben gezeigt wurde, durchaus kein sicherer Beweis für die Richtigkeit der Annahme vorhanden.

So groß übrigens in der äußern Tracht und der Art des geselligen Zusammenvorkommens die Ähnlichkeit zwischen den Korallen der paläozoischen Zeit und den modernen Formen ist, so zeigt doch eine nähere Betrachtung, daß zwischen denselben sehr wesentliche Unterschiede in der Organisation bestanden haben müssen. Die meisten Korallentiere haben cylindrische oder kegelförmige Gestalt; sie bestehen zunächst aus einer Körperwand, welche den für alle Cölenteraten charakteristischen Leibeshohlraum umschließt, der aber hier nicht einfach ist, sondern durch eine Anzahl von Falten, die von der Innenseite der Körperwandung nach innen vorspringen, die sogenannten Mesenterialfalten, in Fächer oder Taschen geteilt wird. An der Oberseite befindet sich der Mund, umgeben von Tentakeln, welche in Zahl und Stellung den Mesenterialfalten entsprechen (s. nebenstehende Abbildung). Solche Tiere treten entweder einzeln auf, oder sie bilden Stöcke, Kolonien, indem sie sich in großer Zahl unmittelbar aneinander legen und verwachsen, oder indem die einzelnen Individuen in eine gemeinsame Fleischmasse (Cönosark) eingebettet sind. Diese Kolonien vergrößern sich nicht durch Vermehrung auf geschlechtlichem Wege, sondern entweder dadurch, daß das Individuum sich in zwei spaltet, oder durch Knospung.

Lebendes Korallentier (Aktinie). Natürliche Größe.

Die Bildung eines festen Skeletes geht in verschiedener Weise vor sich; das bekannteste Beispiel dieser Art, das baumförmige Gerüst der roten Edelkoralle, darf hier nicht als Norm dienen, es stellt im Gegenteile einen Ausnahmefall dar, wie er unter den geologisch jüngern Formen nicht häufig, unter den sehr alten gar nicht vorkommt. Wir haben es bei demselben mit einem sogenannten innern Achsenskelete zu thun. Die roten Bäumchen werden rings von der gemeinsamen Fleischmasse (Cönosark) umschlossen, und in ihr liegen die einzelnen Individuen. Wir haben hier also eine innere Stütze für die Gesamtkolonie, ohne daß den Einzeltieren ein bestimmter Anteil an diesem kalkigen Gebilde zugewiesen werden könnte (s. die Abbildung von Isis, S. 65).

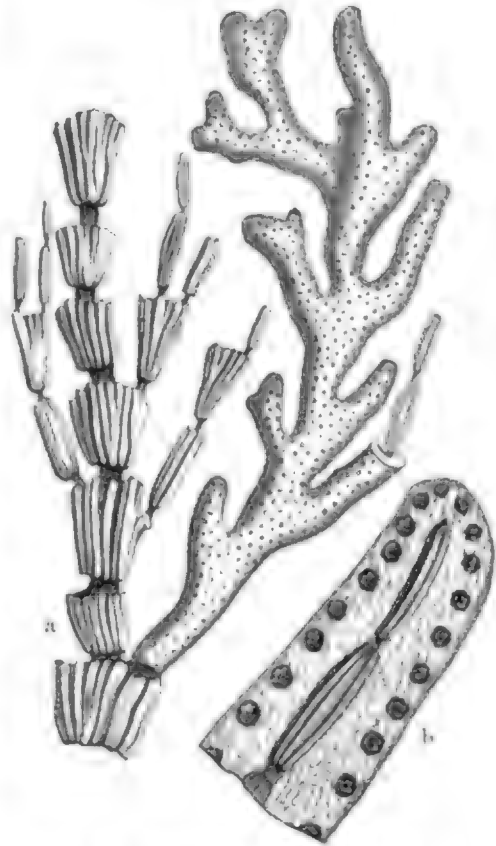
In ganz andrer Weise erfolgt die Skeletbildung bei der großen Mehrzahl der Korallen. Hier findet in erster Linie eine Ausscheidung von Kalk in der Körperwandung und in den sogenannten Mesenterialfalten des Einzeltieres statt. Die Leibeswand scheidet in ihrem Innern eine der Körperform genau entsprechende, also gewöhnlich cylindrische oder kegelförmige Kalklamelle aus, die sogenannte Zellwand (Mauerblatt, Theca), und analoge Blätter bilden sich im Innern der Mesenterialfalten, so daß wir also dann eine kalkige Zelle haben, in welcher mehr oder weniger zahlreiche Sternleisten oder Septa vom Zentrum gegen den Rand ausstrahlen. Außerdem entwickeln sich bei vielen Korallen noch andre kalkige Gebilde im Innern der Zelle, sogenannte Endothekargebilde, indem oft vom Grunde der Zelle ein solides Kalksäulchen, die Columella, aufragt, an die sich die Sternleisten anlegen; bei andern stellen sich um die Columella kleinere Säulchen in einem oder mehreren Kränzen; bei vielen wieder finden sich kalkige Querböden in der Zelle oder blasiges Kalkgewebe oder andre Gebilde, die wir hier nicht alle aufzählen und schildern können.

Die Kolonienbildung findet in sehr mannigfacher Weise statt: bald legen sich die benachbarten Zellen unmittelbar mit ihren Wandungen aneinander, oder sie bilden baumförmig verästelte Stöcke; bisweilen wuchern die Sternleisten einer Zelle über den Rand

der Zelle hinaus und verwachsen mit jenen der Nachbarzellen, oder wir finden eine gemeinsame Kalkmasse, ein kalkiges Cönenchym, worin die einzelnen Zellen eingebettet liegen.

Am wichtigsten ist beim Studium der Korallen die Zahl und Anordnung der Sternleisten oder Septa im Innern der Kelche. Bei der Hauptabteilung der paläozoischen Korallen sind diese Leisten stets in einer Zahl vorhanden, welche ein Mehrfaches von vier beträgt, und sie werden daher vierzählige Korallen oder mit griechischer Bezeichnung Tetrakorallien (auch Rugosen, Runzelkorallen) genannt. Die Anordnung der Sternleisten ist bei der Mehrzahl dergestalt, daß sie einfach strahlenförmig um das Zentrum gruppiert erscheinen; doch eine nähere Untersuchung zeigt, daß ein andres Gesetz das Wachstum beherrscht, daß die Anlage der Septa in Wahrheit eine zweiseitig symmetrische ist, wie das bei einigen auch im Alter, bei allen aber in der Jugend sichtbar ist.

Um diese für die ganze Entwickelung des Korallenstammes im höchsten Grade wichtigen Thatsachen zu verfolgen, ist es nötig, eine an sich ziemlich geringfügige Erscheinung zu berücksichtigen. Wenn man einen Korallenkelch von außen beobachtet, so sieht man meist auf seiner Oberfläche eine sehr deutliche Streifung, welche von der Spitze nach dem Rande des Kelches verläuft. Verfolgt man nun diese Streifen näher, so findet man, daß jeder derselben seiner Lage nach genau einer Sternleiste im Innern des Kelches entspricht, und wir brauchen daher nicht die äußerst schwierige Untersuchung der Sternleisten in der Tiefe der Zelle vorzunehmen, sondern nur den Verlauf der Streifen auf der Außenwand zu verfolgen, um die Anordnung der Sternleiste und die Art ihrer Vermehrung zu erkennen.

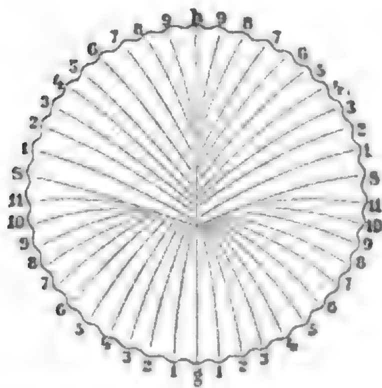


Koralle mit innerm Achsenskelete (Isis). a Ein Stock, dessen linker Ast nur das Achsenskelet zeigt, während an dem rechten das Skelet von dem Cönosark umhüllt ist. — b Ein Stück in größerm Maßstabe, aufgeschnitten. (Nach Bronn.) Vgl. Text, S. 64.

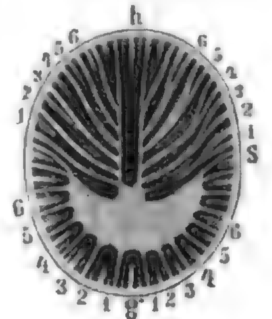
Man sieht auf diese Weise an günstig erhaltenen Exemplaren, daß vier primäre, zuerst gebildete Sternleisten durch ihre Lage besonders ausgezeichnet sind, welche wir als das Hauptseptum, das Gegenseptum und die beiden Seitensepta bezeichnen, und alle andern Sternleisten stellen sich symmetrisch zu einer durch Haupt- und Gegenseptum gedachten Ebene. Die schematische Zeichnung auf S. 66 links zeigt dieses deutlicher als eine lange Beschreibung. Sie stellt eine einzelne Zelle auf ihre Mündung gestellt, die Spitze nach oben gekehrt, dar, und wir sehen, daß oben die Sternleisten wie die Fasern im Barte einer Feder vom Hauptseptum ausstrahlen und unten einseitig von den Seitensepten ausgehen und sich dem Gegenseptum parallel stellen (s. die Abbildung von **Streptelasma**, S. 67, Fig. 1).

Bei einigen Tetrakorallien ist diese symmetrische Anordnung zeitlebens deutlich (s. die Abbildung von **Menophyllum**, S. 66 rechts), häufig aber verwischt sie sich mit dem Wachstume, so daß sie strahligen Typus annehmen. In der Regel sind auch die vier primären Septa durchaus nicht durch besondere Stärke und Größe ausgezeichnet, ja oft bleibt eins oder mehrere derselben im Wachstume zurück, und es findet sich dann an ihrer Stelle eine sogenannte Septagrube.

Die Tetrakorallien, welche in ihrer Verbreitung bis jetzt auf die paläozoische Zeit beschränkt zu sein scheinen[1], bilden durch ihre zweiseitige Entwickelung einen merkwürdigen Gegensatz zu den übrigen Korallen. Bei diesen herrscht der strahlige Bau vor, und nur in der allerfrühsten Jugend, noch ehe die Bildung des Kalkskeletes beginnt, läßt sich bei den jetzt lebenden Formen in der Anlage der ersten Mesenterialfalten Hinneigung zum zweiseitigen Baue erkennen. Diese Thatsachen sind von größter Bedeutung; man betrachtete in früherer Zeit ganz allgemein den Gegensatz zwischen strahligem und zweiseitig symmetrischem Baue als einen der wichtigsten und tiefgreifendsten im ganzen Gebiete der Tierwelt und stellte den Typus der Strahltiere als einen durchaus in der ganzen Anlage von allen höhern Formen geschiedenen hin. Wenn wir nun aber die historische Entwickelung der Korallen, der typischsten Strahltiere, ins Auge fassen, so beobachten wir einen ganz andern Zusammenhang: die geologisch ältesten Formen sind echt zweiseitig, und erst allmählich stellt sich eine Umbildung zum strahligen Baue ein; dieser erscheint uns also in diesem Falle nur als eine sekundäre Erscheinung, als eine eigentümliche Abänderung der ursprünglich zweiseitigen Entwickelung, und damit verliert dann auch dieses Merkmal ganz gewaltig an Bedeutung. Wir lernen daraus aber auch in andrer Beziehung eine wichtige Thatsache. Ganz allgemein gelten innerhalb einer und derselben Gruppe von Tieren die strahlig gebauten Formen für niedriger organisiert als die zweiseitig symmetrischen, und wir hätten demnach in der Geschichte der Korallen die deutlichsten Anzeichen einer rückschreitenden Entwickelung, eine Beobachtung, die der Annahme eines Vervollkommnungsgesetzes entschieden widerspricht.



Schema des Wachstumes der Tetrakorallien. (Nach Kunth.) h Hauptseptum — g Gegenseptum — s Seitenseptum — 1 bis 11. Sekundäre Septa nach der Reihenfolge ihrer Bildung. Vgl. Text, S. 65.

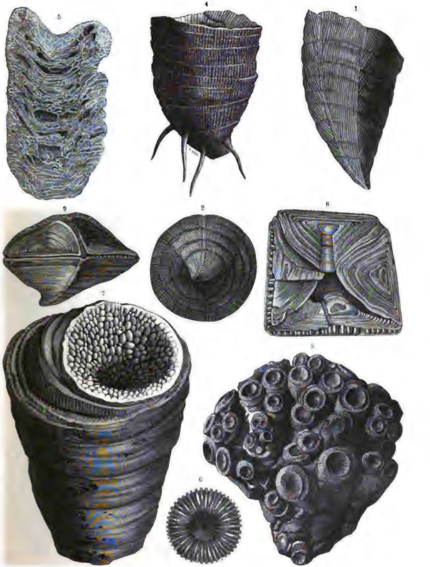


Kelch von Menophyllum aus dem Kohlenkalke von Tournai; von oben gesehen. Vgl. Text, S. 65.

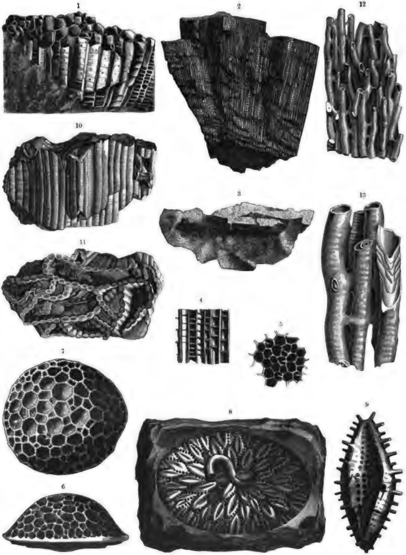
Außer den besprochenen Merkmalen sind noch manche andre für die Tetrakorallien charakteristisch: ihre Wände und Septa sind nie von Poren durchbohrt, im Innern des Kelches treten an ausfüllenden Endothekargebilden Querboden, blasiges Gewebe oder kompakte Kalkmasse auf (s. Abbildungen, S. 67); wo Kolonienbildung stattfindet, geschieht die Vergrößerung der Stöcke stets durch Knospung (s. die Abbildung von Cyathophyllum, S. 67, Fig. 3), nie durch Teilung, und die Zellen sind niemals in ein Cönenchym eingebettet. Als eine besonders merkwürdige Eigentümlichkeit ist ferner noch hervorzuheben, daß bei manchen Gattungen Deckel vorhanden sind, mit welchen die Zellmündung verschlossen werden konnte, ja bei Goniophyllum finden sich sogar deren vier (s. Abbildung, S. 67, Fig. 8 u. 9).

Die Tetrakorallien sind in der ganzen paläozoischen Periode vom untern Silur an verbreitet. Der Höhepunkt ihrer Entwickelung fällt ins obere Silur, wo sie in wunderbarer Mannigfaltigkeit hervortreten. Cyathophyllum, Omphyma, Streptelasma, Zaphrentis, Cystiphyllum, Goniophyllum sind einige der wichtigsten Gattungen, von welchen ein Teil auf den vorhergehenden Seiten abgebildet ist. Erwähnung mag noch die auf Gotland häufige Gattung Palaeocyclus finden, bei welcher die Zellwand nicht wie gewöhnlich kegelförmig oder cylindrisch, sondern ganz flach in einer Ebene ausgebreitet ist, während die Septa sich senkrecht darüber erheben (s. Abbildung, S. 67).

[1] Die Angaben über das Auftreten rezenter Tetrakorallien in der Tiefsee müssen als unerwiesen betrachtet werden.



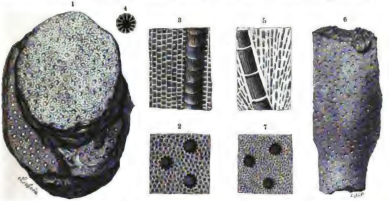
Silurische und devonische Tetrakorallien: 1. Streptelasma, aus dem obern Silur von Gotland, von der Seite — 2. von unten. (Nach Kunth.) — 3. Cyathophyllum truncatum, aus dem obern Silur von Gotland. — 4. Omphyma subturbinatum, aus dem obern Silur von Gotland, von der Seite — 5. durchgeschnitten. — 6. Palaeocyclus porpita, aus dem Obersilur von Gotland. — 7. Cystiphyllum vesiculosum, aus dem Devon der Eifel. (Nach Goldfuß.) — 8. Goniophyllum, aus dem obern Silur von Gotland, die Mündung mit vierteiligem Deckel verschlossen — 9. dasselbe von der Seite. (Nach Lindström.) Vgl. Text, S. 66.



Paläozoische Tabulaten: 1. Favosites gotlandicus, aus Obersilur von Gotland, etwas vergrößert. — 2. Chaetetes radians, aus dem Kohlenkalke von Moskau, von der Seite — 3. von oben — 4. von der Seite, stark vergrößert — 5. von oben, stark vergrößert. — 6. Pleurodictyum americanum, aus amerikanischem Devon, von der Seite — 7. von oben. (Nach F. Römer.) — 8. Pleurodictyum problematicum, aus dem rheinischen Unterdevon, Steinkern einer ganzen Kolonie. — 9. Steinkern einer einzelnen Zelle, vergrößert. (Nach F. Römer.) — 10. Halysites catenularius, „Kettenkoralle“, aus gotländischem Obersilur, von der Seite — 11. von oben. — 12. Syringopora cancellata, aus dem obern Silur, in natürlicher Größe — 13. vergrößert. (Nach F. Römer.) Vgl. Text, S. 69.

Digitized by Google

Neben den Tetrakorallien nimmt noch eine zweite Gruppe von Korallenformen an dem Aufbaue der paläozoischen Riffe wichtigen Anteil. Es sind das die sogenannten **Tabulaten**, fast ausschließlich in Stöcken auftretende Typen mit meist sehr langgestreckten, cylindrischen oder prismatischen Zellen, welche durch das Fehlen oder die überaus schwache Entwickelung der Sternleisten und sehr vollständig entwickelte Querböden im Innern der Zellen ausgezeichnet sind. Hierher gehören viele der häufigsten charakteristischen Vorkommnisse, so die Gattung Favosites, mit langgestreckten, prismatischen Zellen, welche einer Gruppe von Basaltsäulen im kleinen gleichen. Diese Zellen haben sehr regelmäßige Querböden und sind durch vereinzelte große Poren in den Wandungen miteinander verbunden. Chaetetes stellt einen Favosites in sehr verkleinertem Maßstabe und ohne Poren in den Zellwänden dar. Bei Syringopora berühren sich die einzelnen cylindrischen Zellen nicht un-



1. Heliolithes porosus, aus dem Devon der Eifel, in natürlicher Größe. — 2. Oberfläche des Stockes, vergrößert. — 3. Einzelne Zelle, vergrößert. — 4. Längsschnitt durch eine Kolonie, vergrößert. (Nach Zittel.) — 5. Heliopora Partschi, aus oberer Kreide des Salzkammergutes, vergrößerter Längsschnitt. (Nach Zittel.) — 6. Heliopora coerulea, aus dem Roten Meere; Oberfläche einer Kolonie in natürlicher Größe. — 7. vergrößert. (Fig. 5—7 sind zum Vergleiche der paläozoischen Tabulaten mit der noch lebenden Gattung Heliopora beigefügt.)

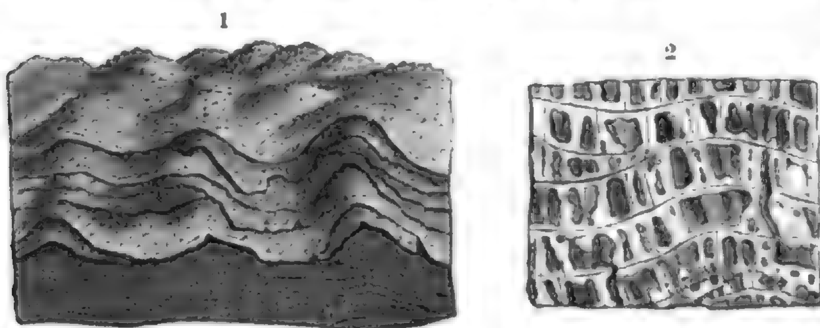
mittelbar, sondern sind durch Querröhren verbunden. Zu den bezeichnendsten Tabulaten des Silur gehören die merkwürdigen Kettenkorallen (Halysites), bei welchen die langgestreckten, elliptischen Zellen zu Reihen angeordnet sind, die sich eben nur berühren (s. Abbildungen, S. 68).

Die zoologische Stellung der Tabulaten und die Frage, ob dieselben eine natürliche Gruppe darstellen, ist sehr verschieden beurteilt worden, doch ist es hier nicht möglich, darauf näher einzugehen. Den wichtigsten Anhaltspunkt für ein Urteil gibt uns die Gattung Heliolithes, bei welcher einzelne größere Zellen zwischen einer großen Menge sehr feiner Röhren stehen, so daß auf den ersten Blick ein Cönenchym, eine gemeinsame Kalkmasse, vorhanden zu sein scheint. Derselbe Bau kehrt in ähnlicher Weise bei der geologisch jüngern und noch an unsern rezenten Korallenriffen in Menge lebenden Gattung Heliopora wieder, und wir können kaum an dem Vorhandensein wirklicher Verwandtschaft zweifeln. Es ist daher wahrscheinlich, daß die Tabulaten der paläozoischen Zeit überhaupt in die Nähe von Heliopora gehören, die in die Ordnung der Alcyonarier gerechnet wird. (S. obenstehende Abbildung.)

Fügen wir zu den Tetrakorallien und Tabulaten noch die **Hydroidpolypen**, als deren Typus die auf S. 70 abgebildete Stromatopora gelten mag, so ist damit aufgezählt, was an sichern Repräsentanten der Cölenteraten im Silur auftritt. Außer diesen Typen kommt aber

Digitized by Google

noch eine Formengruppe vor, welche jetzt wohl von der Mehrzahl der Paläontologen ebenfalls hierher gerechnet wird, deren wahre Stellung und verwandtschaftliche Beziehungen aber noch durchaus nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen sind. Es sind das die **Graptolithen**, welche in den kambrischen Bildungen nicht allzu spärlich, im Devon nur in wenigen dürftigen Überresten vereinzelt vorkommen, im Silur aber in ungeheurer Menge und Formenmannigfaltigkeit vorhanden sind und in manchen Ablagerungen alle Schichtflächen mit ihren seltsam geformten Resten bedecken. Durch diese Art der Verbreitung haben die Graptolithen schon seit langem in der Geologie eine hohe Bedeutung als wichtige Charakterversteinerungen, als Leitfossilien des Silur erlangt, und auch die Verbreitung ihrer einzelnen Arten und Gattungen leistete wichtige Dienste für die Altersbestimmung der engern Horizonte der Formation. Ganz besonders aber scheint sich die geologische Wichtigkeit der Graptolithen durch die neuern Untersuchungen steigern zu sollen, welche neuerdings in England und Schweden über deren Verbreitung angestellt worden sind und noch fortgesetzt werden. In großer Menge und Häufigkeit kommen diese Reste namentlich in Schieferablagerungen vor, die nach denselben als Graptolithenschiefer bezeichnet werden. Vorzüglich in gewissen Teilen von Schottland und im südlichen Schweden ist ein großer Teil der kambrischen und fast die ganze silurische Formation in dieser Ausbildungsart entwickelt, und hier kann man nach den einzelnen Arten und Gattungen der Graptolithen eine große Zahl von aufeinander folgenden Unterabteilungen unterscheiden. Diese überaus mühsame und schwierige Arbeit ist zuerst von **Lapworth** für England durchgeführt worden, für Schweden liegen namentlich die Arbeiten von **Tullberg** vor, und es hat sich nun das überraschende Ergebnis gezeigt, daß fast alle die kleinen Graptolithenhorizonte Schottlands in Schweden wiederkehren, und auch in andern Ländern hat man wenigstens eine Anzahl dieser Unterabteilungen nachweisen können. Es ist die Ansicht ausgesprochen, daß diese aufeinander folgenden Phasen der Graptolithenentwickelung sich in derselben Weise überall werde verfolgen lassen, wo diese Ausbildungsweise überhaupt vorhanden ist. Eine sehr große Ausbreitung ist in keiner Weise unmöglich oder unwahrscheinlich, aber darüber entscheiden kann doch nur die unmittelbare Beobachtung; immerhin aber bahnt die genaue Verfolgung dieser Verhältnisse einen wesentlichen Fortschritt im Verständnisse der ältesten Ablagerungen an.

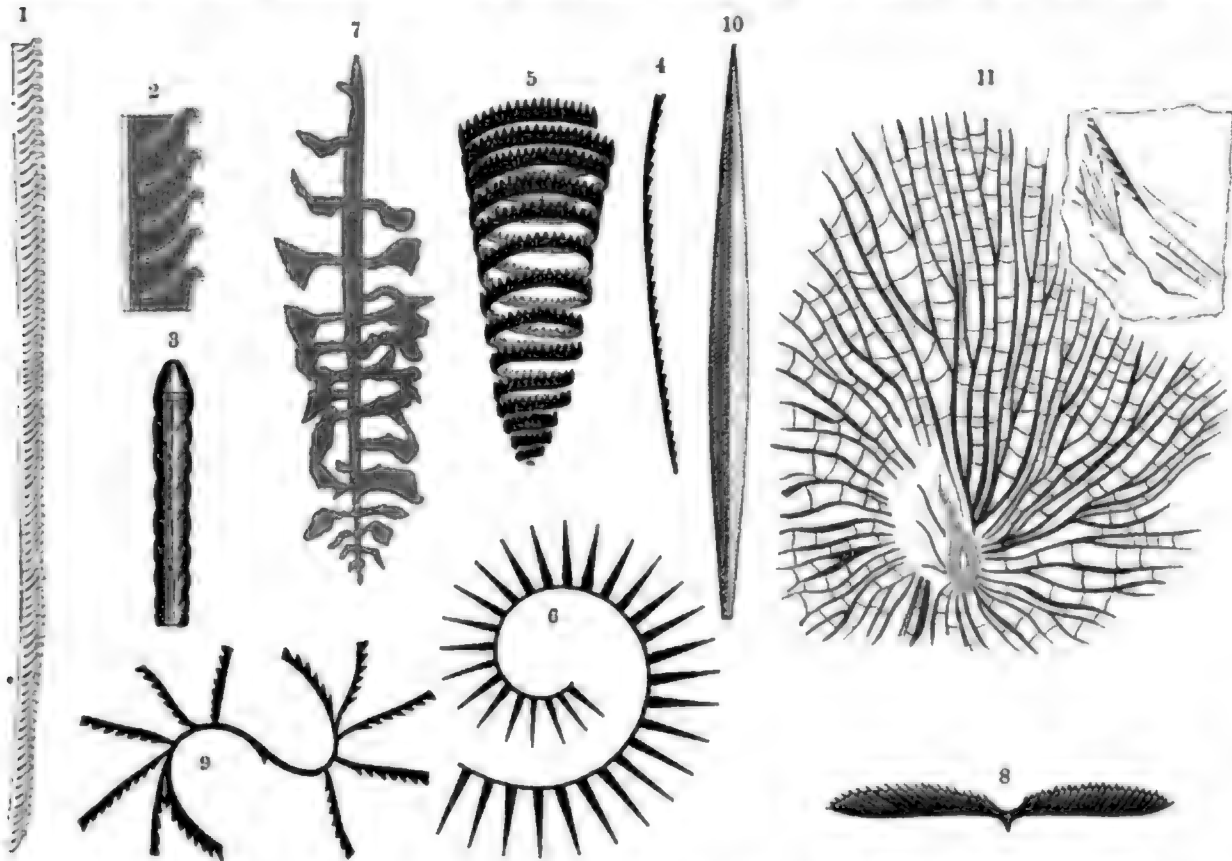


Stromatopora: 1. in natürlicher Größe — 2. vergrößerter Querschnitt. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 69.

Die Graptolithen sind, gleich den Bryozoen und vielen Korallen, Kolonien zahlreicher kleiner Einzeltierchen; sie unterscheiden sich aber von diesen dadurch, daß die einzelnen Zellen nach unten in einem gemeinsamen Kanale sich öffnen, daß eine feste Achse vorhanden ist, und endlich dadurch, daß die erhaltenen Skeletteile nicht aus Kalk, sondern aus einer hornigen (chitinösen) Substanz bestehen. Bei den einfachsten Formen sehen wir eine einfache, gerade oder gebogene, stabförmige Achse, welche auf einer Seite von einem hohlen Kanale begleitet wird. Dieser trägt auf der der Achse entgegengesetzten Seite eine dicht gedrängte Reihe kleiner Zellen, welche alle nach unten mit dem Kanale in offener Verbindung stehen (Graptolithes). Bei andern sind die Zellen größer und weiter voneinander entfernt (Rastrites), oder der Achse sind zwei Zellreihen angefügt (Diplograptus), ja deren Zahl kann auf drei steigen. Eine weitere Formengruppe zeigt ein zellenloses, dolchförmiges

Anfangsstück, die sogenannte Sicula, von der zwei oder mehrere Achsen ausgehen; diese teilen sich bei manchen zwei- und mehrfach, und jede Achse trägt eine Reihe von Zellen, während bei einzelnen Typen (Dictyonema) die Achse ganz fehlt und ein Netzwerk von horniger Beschaffenheit die Zellen trägt (s. untenstehende Abbildung).

Wir können hier weder die einzelnen Typen der Graptolithen schildern, noch auf die Frage nach ihrer zoologischen Stellung eingehen. Es lassen sich Ähnlichkeiten mit der zu den Cölenteraten gehörigen Hydrozoenfamilie der Sertularien wie zu den zu einer total verschiedenen Abteilung des Tierreiches gehörenden Bryozoen hervorheben. Die richtigste Auffassung scheint nach dem heutigen Standpunkte unsrer Kenntnis die zu sein, daß die Graptolithen eine selbständige, ausgestorbene Abteilung darstellen, ohne sehr nahe Be-



Silurische Graptolithen: 1. Graptolithes priodon, in natürlicher Größe. — 2. Längsschnitt desselben, vergrößert. — 3. Rückseite desselben, vergrößert. — 4. Graptolithes Nilsoni. — 5. Graptolithes turriculatus. — 6. Rastrites Linnei. — 7. Diptograptus mit sogenannten Eikapseln. — 8. Didymograptus pennatulus. — 9. Coenograptus gracilis. — 10. Retiolites Geinitzianus. — 11. Dictyonema retiforme. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 41.

ziehung zu irgend einer der jetzt noch lebenden Gruppen, über deren Stellung im Systeme wir kein sicheres Urteil fällen können, da die Skeletcharaktere hierzu keine hinreichenden Anhaltspunkte geben. Das Hauptinteresse, das die Graptolithen bieten, liegt daher in ihrem geologischen Vorkommen, nicht in ihren zoologischen Charakteren.

Eine Stufe höher als die Cölenteraten stehen die Echinodermen oder Stachelhäuter, welche den dritten großen Haupttypus der Tierwelt bilden und in der Jetztwelt durch die Seesterne, Seeigel, Seelilien und Seewalzen (Holothurien) vertreten sind. Wir haben es hier mit einer Abteilung zu thun, die von jeher einen Lieblingsgegenstand des Studiums für die Paläontologen gebildet hat: keine Abteilung der niedern Tiere bietet dem Forscher, abgesehen von den wissenschaftlichen Ergebnissen der Arbeit, so reichen Genuß durch ihre Formenpracht, durch die Zierlichkeit und Mannigfaltigkeit, mit der die Natur selbst ihre niedrigsten Geschöpfe verschwenderisch ausgestattet hat. Die prächtige

Täfelung, die reiche, bis ins kleinste Detail ausgeführte Oberflächenverzierung eines Seeigels, die Mannigfaltigkeit seiner Stachelbekleidung, das merkwürdig gegliederte Skelet eines Seesternes, die Formenpracht der Krinoiden oder Seelilien, deren wunderbarer gefiederter Kelch sich blumenartig auf schlankem Stiele wiegt: alles das sind Gegenstände, die kein mit Sinn für Naturbetrachtung begabter Mensch ohne Bewunderung sehen kann.

Auch vom wissenschaftlichen Standpunkte verdienen die Echinodermen das größte Interesse. Die kalkigen, der Erhaltung fähigen Skeletteile sind von einer Menge von Poren, Ausschnitten und Öffnungen durchsetzt, welche dem Durchtritte wichtiger Organe dienen, so daß wir aus diesen Resten auf die Beschaffenheit der verloren gegangenen Weichteile schließen und die Organisation der ausgestorbenen Formen mit ziemlicher Sicherheit beurteilen können. Infolgedessen sind wir über die Stammesgeschichte der Echinodermen ziemlich gut unterrichtet und können dieselbe wenigstens in ihren großen Hauptzügen verfolgen.

In den Lehrbüchern der Zoologie finden wir, daß die Echinodermen Tiere von vorherrschend fünfstrahligem Baue sind, mit verkalktem, häufig stacheltragendem Hautskelete, mit gesondertem Darm- und Blutgefäßapparate, mit Nervensystem und Ambulakralkanälen. Das letztere, das Ambulakral- oder Wassergefäßsystem, ist wohl das merkwürdigste Organ der Echinodermen und neben dem fünfstrahligen Baue ihr hervorragendstes Merkzeichen. Um den Schlund des Tieres legt sich ein ringförmiger Kanal, von dem fünf weitere Kanäle ausstrahlen. Diese verzweigen sich und haben zahlreiche feine, schlauchförmige Anhänge, die sogenannten Ambulakralfüßchen, die durch Poren und Öffnungen nach der Außenseite des kalkigen Hautskeletes durchtreten. Mit ihnen stehen im Innern zusammenziehbare Blasen, die Ampullen, in Verbindung, welche, gleich dem ganzen Ambulakralsysteme, mit wässeriger Flüssigkeit gefüllt sind. Durch die Zusammenziehung derselben werden die sonst schlaffen Ambulakralfüßchen geschwellt und ausgestreckt, sie können sich dann mit kleinen Saugplatten, die an ihren Enden angebracht sind, an irgend einen fremden Körper anheften und so zur Ortsbewegung, zur Ergreifung von Beute ꝛc. dienen[1].

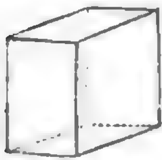
Das kalkige Hautskelet der Echinodermen ist in der Regel bei fossilen Exemplaren durch eine sehr charakteristische Struktur ausgezeichnet, so daß selbst ein kleines im Gesteine steckendes Bruchstück fast immer genügt, um zu zeigen, daß man es mit einem Angehörigen dieses Typus zu thun hat. Sie nehmen bei dem in der Regel stattfindenden Versteinerungsprozesse durch Verkalkung ein außerordentlich deutliches und großblätteriges Kristallgefüge an, so daß an jedem Bruche die spiegelnden Kristallflächen des Kalkspates hervortreten, wie das bei keiner andern organischen Form der Fall zu sein pflegt. Bekanntlich ist der Kalkspat nach bestimmten Richtungen leicht teilbar oder spaltbar in der Art, daß man durch Spalten aus jedem Kristallfragmente Stücke von einer bestimmten Form, sogenannte Rhomboeder, herausschälen kann. Auch die fossilen Echinodermenreste spalten sehr deutlich nach den Flächen dieses Rhomboeders, und es genügt in der Regel ein Hammerschlag auf einen Krinoidenstiel oder Seeigelstachel, um die Erscheinung hervortreten zu lassen. Dabei zeigt sich das merkwürdige Verhältnis, daß in der Längserstreckung des Stieles oder Stachels die kristallographische Hauptachse des Spaltungsrhomboeders liegt (s. Abbildung, S. 73 links), so daß der Bruch nach einer genau vorherzubestimmenden schrägen Richtung erfolgt. Dieser Umstand weist darauf hin, daß schon beim lebenden Tiere eine derartige Anordnung vorhanden sei; allein hier besteht das Skelet aus einem fein netzförmigen Gewebe von Kalkspat, welchem organische Teile eingelagert sind, so daß die

---

[1] In dieser Weise ist das Ambulakralsystem, wenigstens seinem wichtigsten und verbreitetsten Typus nach, beschaffen; allerdings treten mannigfache und wichtige Abänderungen bei verschiedenen Gruppen der Echinodermen auf, doch ist hier nicht der Ort, weitläufig auf diese Einzelheiten einzugehen.

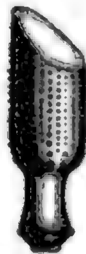
Spaltbarkeit in der Regel nicht oder nur undeutlich hervortritt. Immerhin gelingt es auch hier in günstigen Fällen, dieselbe in voller Deutlichkeit zu beobachten.

Von den vier in der Jetztwelt lebenden Klassen der Echinodermen sind Seeigel, Seesterne und Seelilien oder Krinoiden im Silur schon vorhanden, während die zur Fossilisation sehr wenig geeigneten Holothurien keine Spuren hinterlassen haben, vielleicht auch damals noch gar nicht existierten. Dafür aber tritt hier die ausgestorbene Klasse der Cystideen auf, welche, ähnlich wie die Graptolithen, fast ganz auf das Silur beschränkt und namentlich im untern Silur sehr verbreitet ist. Nur wenige Vorläufer sind aus den kambrischen Ablagerungen, vereinzelte Nachzügler aus dem Devon und der Kohlenformation bekannt geworden. Diese Cystideen scheinen den ältesten und ursprünglichsten Typus unter allen Echinodermen darzustellen, von welchem alle andern abstammen, und es wäre daher eigentlich am naturgemäßesten, sie vor allem hier in Betracht zu ziehen. Aber gerade sie sind in vieler Beziehung so unregelmäßig und von den in ihren Weichteilen genau bekannten lebenden Formen so verschieden, daß das Verständnis schwieriger ist. Wir wenden uns daher zunächst zu den Krinoiden, welche an Formenmenge und Häufigkeit alle andern paläozoischen Echinodermen bei weitem übertreffen.



Spaltungsrhomboeder von Kalkspat. Vgl. Text, S. 72.

Wenn wir einen normal gebauten Krinoiden betrachten (s. die Abbildung von Rhizocrinus, S. 74), so bemerken wir an demselben zwei Hauptteile, den Stiel und die Krone, welch letztere wieder in den Kelch und die Arme zerfällt. Der Stiel ist in der Regel mit seinem untern Ende an irgend einem festen Körper angeheftet, bisweilen aber verjüngt er sich auch nach unten, so daß eine Fixierung nicht stattfindet, wie das z. B. bei dem auf S. 143 abgebildeten Woodocrinus und einigen andern fossilen Arten sowie bei manchen lebenden Tiefseebewohnern der Fall ist. Einzelne Gattungen endlich haben nur in der Jugend einen Stiel, den sie im Alter verlassen, um freie Ortsbewegung anzunehmen.

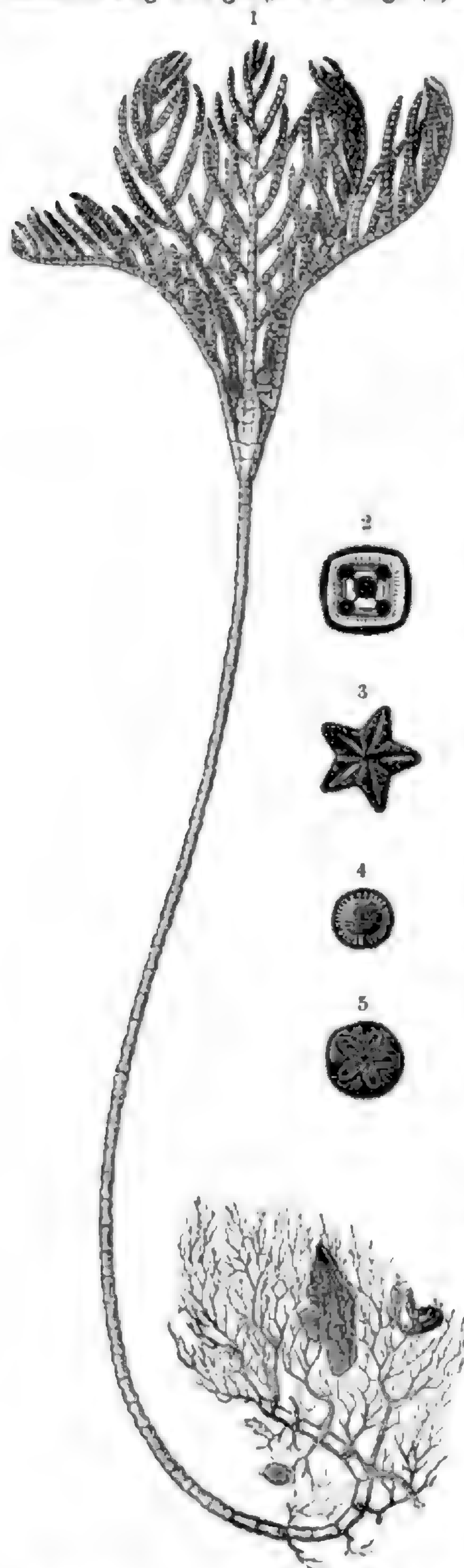


Seeigelstacheln, nach Rhomboederflächen abgebrochen. Vgl. Text, S. 72.

Der Stiel ist rund, fünfeckig, seltener elliptisch im Querschnitte, seiner ganzen Länge nach von einer engern oder weitern Durchbohrung, dem sogenannten Nahrungskanale, durchzogen und besteht aus einer wechselnden, meist sehr großen Anzahl von Gliedern, welche mit ihren eigentümlich verzierten Gelenkflächen aneinander gereiht sind. Nach dem Tode des Tieres lösen sich die einzelnen Glieder leicht voneinander, und so findet man sie vereinzelt oft in ungeheuern Massen geradezu felsbildend angehäuft.

Auf dem Stiele befindet sich der meist kugelige, becherförmige oder schüsselförmige Kelch, welcher aus mehr oder weniger regelmäßig gelagerten Kalktafeln aufgebaut ist und die wichtigsten Weichteile des Tieres umschließt. Auf der Oberseite liegen Mund und Afteröffnung, und sie muß daher als die Bauchseite des Tieres bezeichnet werden. Die auf dem Stiele sitzende, dem Rücken entsprechende Unterseite ist aus mehreren konzentrischen Tafelkränzen zusammengesetzt, welche sich um die Ansatzstelle des Stieles lagern; bei normaler Entwickelung besteht jeder derselben aus einer Zahl von Stücken, welche fünf beträgt oder durch fünf teilbar ist, doch kommen zahlreiche Abweichungen von dieser Regel vor. Je nach der Stellung der einzelnen Teile wird der unterste oder werden die beiden untersten dieser Kränze als Basalkränze, die darüber folgenden, in der Richtung der Arme gelegenen Tafelkränze als Radialkränze bezeichnet. Bei sehr einfachem Baue ist nur ein basaler und ein radialer Kranz, jeder aus fünf Stücken bestehend, vorhanden, bei sehr komplizierter Anordnung zwei basale und drei radiale Kränze mit zahlreichen supplementären Kalkstücken. Namentlich bei den Formen

mit etwas verwickeltem Baue ist es nicht ganz einfach, sich auf den ersten Blick sofort über die Anordnung der großen Menge scheinbar regellos gelagerter Elemente zu orientieren und die Gesetzmäßigkeit derselben herauszufinden, und man bedient sich daher der graphischen Methode, indem man alle Tafeln des Kelches schematisch in eine Ebene zeichnet. Dabei dient die Basis, die Ansatzstelle des Stieles, als Mittelpunkt, um welchen die andern Teile sich gruppieren, und durch ein solches Diagramm, wie es die Abbildung, S. 75, Fig. 1, zeigt, ist es nun leicht, sich auch in den verwickeltsten Fällen zu orientieren.



1. Rhizocrinus Loffotensis, jetzt lebender Tiefsee-Krinoide. 1½ natürl. Größe. — 2—5. Stielglieder von Krinoiden, von der Gelenkfläche gesehen. Vgl. Text, S. 73.

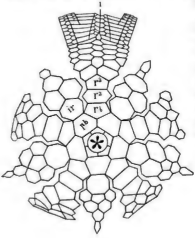
Die Oberseite des Kelches ist bei der Mehrzahl der lebenden und überhaupt der geologisch jüngern Formen mit einer ganz häutigen oder nur wenige Täfelchen tragenden Decke versehen. Im Zentrum befindet sich der Mund, und von diesem verlaufen fünf Furchen, welche weiterhin in die Arme eintreten und die Träger der ambulakralen Organe sind (s. die Abbildung von Pentacrinus, S. 75, Fig. 2). Bei einzelnen jüngern und bei der großen Mehrzahl der paläozoischen Krinoiden dagegen ist die Oberseite des Kelches fest getäfelt; bei manchen, wie bei dem lebenden Hyocrinus, dem paläozoischen Coccocrinus und andern, stehen um den Mund herum fünf große dreieckige Tafeln, die Mundstücke oder Oralia, und bei ersterer Gattung gegen den Rand zahlreiche kleinere Plättchen (s. die Abbildungen, S. 75 und 118). Die häufigste Bildung bei den paläozoischen Formen ist die, daß die Kelchdecke aus zahlreichen kleinen Tafeln besteht und nur eine Öffnung, den oft an der Spitze einer hohen Röhre gelegenen After, trägt, während der Mund und die Ambulakralfurchen sich *unter* der äußern Kelchdecke befinden.

Über dem Kelche erheben sich die Arme, welche in der unmittelbaren Fortsetzung der Radialstücke gelegen sind und mit diesen in Gelenksverbindung stehen; an Form wie an Zahl sind dieselben außerordentlich wechselnd; bald trägt ein großer Kelch überaus schmächtige Arme, bald scheinen diese durch die Wucht ihrer gewaltigen Entwickelung jenen fast zu erdrücken. Sie sind mit zahlreichen bald ein-, bald zweireihig angeordneten Kalkstücken getäfelt und tragen auf ihrer Innenseite die Ambulakralfurchen sowie gegliederte kalkige Anhänge, die Pinnulae oder Fiederchen.

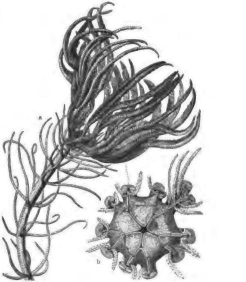
Man teilt die Krinoiden in der Regel in zwei große Abteilungen, von denen die eine, die *Tesselaten* oder *Paläokrinoiden*, auf die paläozoische Periode, die andre, die *Articulaten* oder *Neokrinoiden*, auf die jüngern Zeiträume von der Trias bis zur Jetztzeit beschränkt sein sollen. In dieser scharfen Weise ausgesprochen, wie es gewöhnlich geschieht, ist diese Auffassung durchaus

falsch; die beiden Formengruppen sind durch kein durchgreifendes Merkmal voneinander geschieden, sondern gehen vollständig ineinander über, und gewisse Gattungen des Kohlenkalkes stehen solchen der Trias und des Jura so nahe, daß es unrichtig wäre, sie als wesentlich voneinander verschieden zu betrachten. Es handelt sich also nicht etwa um zwei scharf geschiedene Abteilungen, von denen die eine mit dem Ende der paläozoischen Zeit verschwindet und die andre mit Beginn der mesozoischen Zeit unvermittelt auftritt, sondern wir stehen vor einer allmählichen Entwickelung des einen Typus aus dem andern. Dagegen ist es richtig, daß, im großen und ganzen genommen, die Mehrzahl der paläozoischen Formen sich durch gewisse Charaktere von der Mehrzahl der jüngern Typen unterscheidet, und in diesem Sinne ist auch die Trennung

1



2



3

1. Schematische Darstellung eines verwickelt gebauten Krinoidenkelches (Rhodocrinus). (Nach Schultze.) — 2. Lebender Pentacrinus: a Kelch mit den Armen und einem Teile des Stieles. ⅓ natürl. Größe. — b Kelch mit abgeschnittenen Armen, von oben gesehen (Kelchdecke). Natürl. Größe. — 3. Kelchdecke des lebenden Hyocrinus mit fünf großen kalkigen Mundstücken (die Arme sind abgeschnitten); vergrößert. (Nach Wyville Thomson.) Vgl. Text, S. 74.

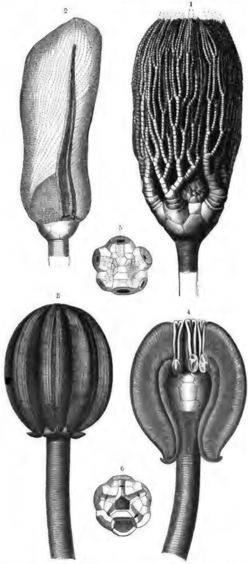
in die zwei oben genannten Abteilungen gerechtfertigt. Die Paläokrinoiden, mit denen wir es hier zunächst zu thun haben, sind gekennzeichnet durch hohe, dünne Kelchtäfelchen, welche einen ziemlich großen Körperhohlraum umschließen und miteinander in Naht-, nicht in Gelenkverbindung stehen; der Bau des Kelches ist häufig ein verwickelter, mit zwei Basalkränzen und zahlreichen überzähligen Tafeln, die bei den Neokrinoiden nicht vorzukommen pflegen, und fast immer mit einem sogenannten Analinterradius. Die Kelchdecke

zeigt feste kalkige Täfelung. Gewisse Faserzüge, die im Innern der Kelchtafeln der Neokrinoiden zu verlaufen pflegen, scheinen bei den Paläokrinoiden in der Regel zu fehlen. Allerdings ist unter all diesen Merkmalen kein einziges, das nicht bei einem oder dem andern Paläokrinoiden fehlen oder bei vereinzelten Neokrinoiden auftreten würde.

Aus dem untern Silur kennen wir verhältnismäßig nicht viele Krinoiden. Namentlich in Europa sind sie sehr spärlich, weit besser in Nordamerika vertreten. Ganz außerordentlichen Reichtum zeigt dagegen das obere Silur, das an Mannigfaltigkeit der Typen und Verschiedenheit der Gattungen alle andern Ablagerungen übertrifft und somit als der Höhepunkt in der Entwickelung der Krinoiden bezeichnet werden kann, wenn auch in einer spätern Zeit, in der Kohlenformation, eine größere Anhäufung einzelner Arten stattgefunden hat. Unerreicht als Fundort silurischer Krinoiden sind die Kalke der schwedischen Insel Gotland; außerdem sind noch verschiedene Lokalitäten in England, den russischen Ostseeprovinzen und namentlich in Nordamerika zu nennen.

Die beistehenden Abbildungen zeigen einige Repräsentanten der silurischen Krinoiden, die Gattung Cyathocrinus, eine der verbreitetsten und artenreichsten der ganzen Klasse, ferner Crotalocrinus und Barrandocrinus, beide durch die höchst merkwürdige und abnorme Entwickelung ihrer Arme ausgezeichnet.

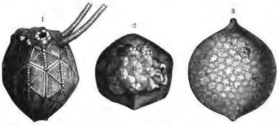
Die Kenntnis der Krinoiden erlaubt uns, nun auch auf die



Silurische Krinoiden: 1. Cyathocrinus ramosus, aus oberm Silur von Gotland. — 2. Crotalocrinus pulcher, ebendaher. — 3. Barrandocrinus sceptrum, ebendaher. — 4. Derselbe nach Entfernung von zwei Armen. (Nach Angelin.) — 5. Cyathocrinus malvaceus, aus amerikanischem Silur; die vollständige Kelchdecke. — 6. Derselbe nach Entfernung der obersten Plattenlage, mit Mund, After und Ambulakralfurchen. (Nach Meek und Worthen.)

Digitized by Google

oben schon erwähnte Klasse der **Cystideen** einzugehen, unter welchen die Paläontologie die Stammformen aller übrigen Echinodermen zu suchen hat (s. untenstehende Abbildungen). Im Vergleiche zu den Krinoiden fallen dieselben in erster Linie sofort durch die sehr schwache Entwickelung der Arme und des Stieles auf; der letztere ist bei den meisten Formen sehr schwach, bei andern fehlt er ganz, einzelne sind direkt mit ihrer ganzen Unterseite auf einem fremden Körper aufgewachsen und ist die ganze Gestalt dadurch zu einer flachen Scheibe umgewandelt, wie bei dem unten abgebildeten **Agelacrinus**. Auch die Arme fehlen bei mehreren Gattungen ganz, und an ihrer Stelle sind nur ambulakrale Furchen vorhanden oder Doppelreihen von Tafeln, welche abweichend von den übrigen gebildet sind und Poren für die Ambulakralfüßchen zeigen. Die Oberseite des



Cystideen: Caryocrinus ornatus, 1. von der Seite — 2. von oben. — 3. Echinosphaerites aurantium.

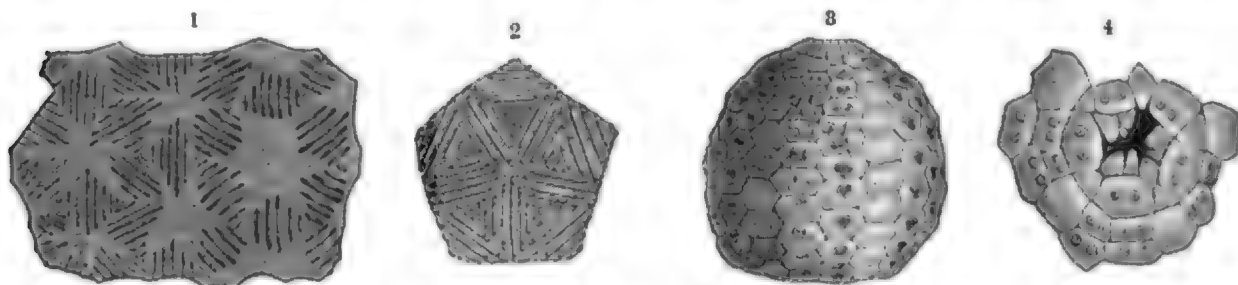
Kelches ist stets getäfelt, die Flanken und die Unterseite sind entweder aus sehr zahlreichen unregelmäßigen Täfelchen zusammengesetzt, oder wo Kränze von wenigen Tafeln vorhanden sind, fehlt die fünfzählige Anordnung. Der Mund liegt auf der Oberseite, weiter nach abwärts liegt der After, mit einem eignen Verschlußapparate in Form einer aus mehreren Stücken bestehenden Pyramide, welche das wichtigste, allen Gattungen ohne Ausnahme gemeinsame Merkmal darstellt.

Ein besonderes, zwar nicht allen Cystideen gemeinsames, aber nur bei ihnen vorkommendes Kennzeichen sind endlich eigentümlich gestellte Poren in den Kelchtafeln, welche entweder zu Paaren vereinigt sind, oder sich zu rautenförmigen Gruppen in der Weise anordnen, daß jede Raute zwei Kelchtafeln gemeinsam zukommt (s. Fig. 1, 2, S. 78 oben).

Agelacrinus aus amerikanischem Untersilur. (Nach Hall.)

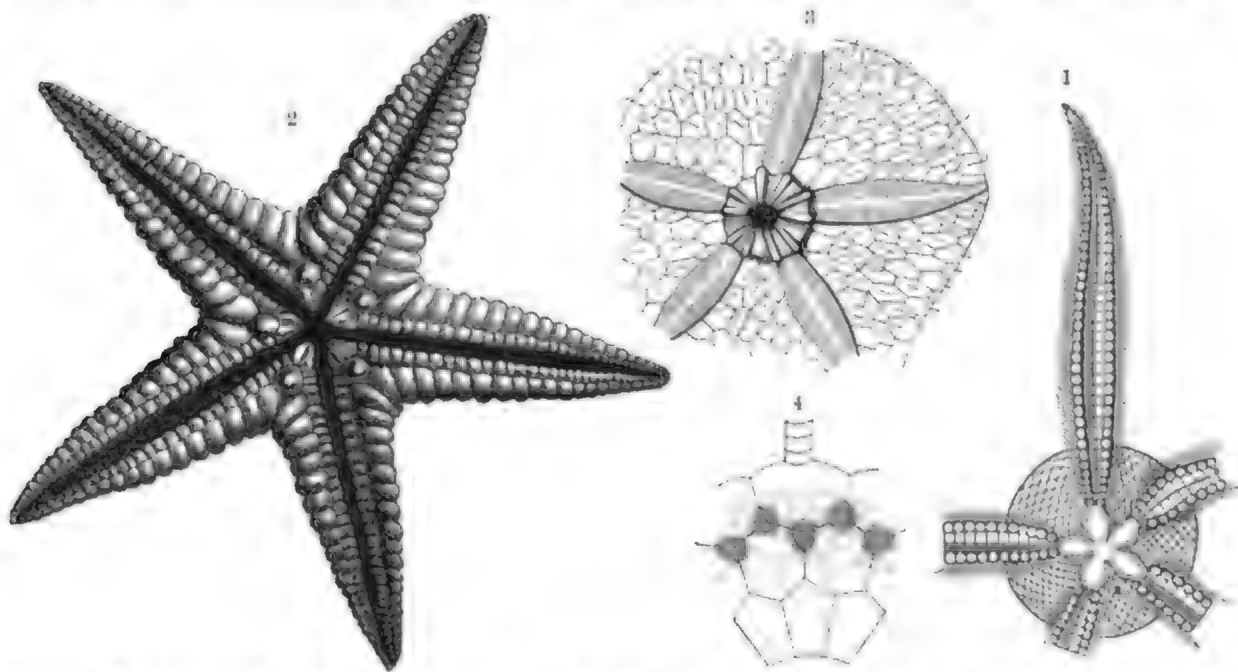
Was die Cystideen für den Paläontologen besonders interessant macht, ist das Vorhandensein von Übergangsgliedern, welche dieselben mit allen andern, fossil überhaupt näher bekannten Abteilungen der Echinodermen verbinden; zu den Krinoiden leiten uns solche Formen, bei welchen nur wenige Kränze großer Tafeln vorhanden sind; hier tritt eine Annäherung an die Fünfzahl hervor, die Afterpyramide verschwindet, und endlich finden wir in **Porocrinus** einen Typus, der in allen Merkmalen entschiedenen Krinoidencharakter zeigt, bis auf das Vorhandensein der bezeichnenden Porenrauten der Cystideen (s. Abbildung 4, S. 78 unten). In ähnlicher Weise steht die oben genannte Gattung **Agelacrinus** mit den Seesternen in Beziehung, Typen wie **Mesites**, mit vielen unregelmäßigen Tafeln und fünf gleichmäßig vom Scheitel ausstrahlenden Ambulakralreihen, schließen sich an die Seeigel an, während in ähnlicher Weise die ausgestorbene Gruppe der Blastoiden, die später noch näher besprochen werden soll, sich an die Gattung **Codonaster** anlehnt.

Können sich die Cystideen des Silur mit den Krinoiden an Zahl der Gattungen und Arten und an Menge des Vorkommens durchaus nicht messen, so bilden sie doch einen sehr bezeichnenden Teil der Bevölkerung, sie sind, gleich den Graptolithen, Charaktertiere des Silur. Sehr viel spärlicher sind die übrigen Abteilungen der Echinodermen vertreten: die kleine Gruppe der Blastoiden, welche in der Kohlenformation den Höhepunkt ihrer



1, 2. Porenrauten von Cystideen. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 77. — 3, 4. Botriocidaris Pahleni, aus dem Untersilur der russischen Ostseeprovinzen. (Nach Fr. Schmidt.)

Entwickelung erreicht, ist in einer vereinzelten Art im Obersilur Nordamerikas gefunden worden; einige Seeigel, von denen die seltsame Botriocidaris obenstehend abgebildet ist, haben die baltischen Provinzen Rußlands und England geliefert. Etwas reichhaltiger endlich ist die Seesternfauna, welche eine ziemliche Anzahl von Gattungen aufzuweisen hat



Silurische Seesterne und Krinoiden: 1. Protaster. — 2. Palaeaster. (Nach Hall.) — 3. Palaeodiscus. (Nach Wright.) 4. Porocrinus, schematische Zeichnung. (Nach Beyrich.)

und dadurch merkwürdig ist, daß die in spätern Ablagerungen scharf geschiedenen Abteilungen der Schlangensterne (Ophiuren) und der eigentlichen Seesterne (Asterien) hier noch nicht vollständig differenziert erscheinen.

So reich und interessant die Echinodermenfauna des Silur ist, so wenig ist über den nächsten der großen Haupttypen, über die Würmer, zu berichten; undeutliche Spuren, wie wir sie als in den kambrischen Ablagerungen vorkommend erwähnt haben, finden sich auch hier; dazu gesellen sich als sicher deutbare Reste die mikroskopischen, festen Kiefer von Gliederwürmern oder Anneliden sowie deren kalkige Röhren, die auf irgend welchen fremden Körpern, Muschelschalen, Steinen 2c., festgewachsen zu sein pflegen. Von letztern finden sich in

silurischen Ablagerungen namentlich kleine, sehr regelmäßig aufgerollte Röhren, die man als Spirorbis bezeichnet, ferner wenig gekrümmte, mit kräftigen Querrippen versehene Schalen, für welche man die Gattungen Ortonia und Cornulites aufgestellt hat.

Vermutlich wird sich hier am besten eine kleine Gruppe von Formen anschließen, welche schon im obern Silur erscheinen und sich dann aber namentlich ins Devon fortsetzen. Es sind das die Tentakuliten (s. untenstehende Abbildung), gerade gestreckte, an einem Ende spitz zulaufende Röhren, die, gleich Ortonia, mit auffallenden Querringen verziert sind und überhaupt dieser Gattung so sehr ähneln, daß man wohl eine nahe Beziehung zwischen beiden annehmen muß. Es wird dadurch wahrscheinlich, daß die Tentakuliten und ihre Verwandten, die glatten Styliola-Arten[1] der paläozoischen Zeit, Anneliden mit freiem Gehäuse waren. Zu Millionen bedecken stellenweise die Schälchen dieser Tiere die Schichtflächen kalkiger und schieferiger Gesteine und bilden für den Geologen wichtige Leitfossilien.

1. Tentaculites, vergrößert. — 2. Tentakulitengestein. — 3. Cornulites.

Weit reicher ist der Typus der Molluskoiden vertreten, welchem von fossil vorkommenden Formen die Bryozoen oder Moostierchen (Mooskorallen) und die Brachiopoden angehören. Die erstern bilden aus zahlreichen Einzelindividuen zusammengesetzte Kolonien, welche in ihrer ganzen Erscheinung sehr an die Korallenstöcke erinnern, allerdings mit dem Unterschiede, daß die Moostierchen bedeutend kleiner sind. Trotzdem aber zeigen diese winzigen Geschöpfe eine sehr viel höhere Organisation, die sich in dem Auftreten eines gesonderten Darmes mit After und eines wohl entwickelten Nervensystemes geltend macht. Die kalkigen Gerüste der Bryozoen kann man leicht in zwei Formengruppen scheiden, von denen die eine, die der Cyklostomen, röhrenförmige, an der Mündung nicht verengerte Zellen zeigt, während bei den Chilostomen die Mündung seitlich gelegen und enger ist als der Querschnitt der Zelle. Die sämtlichen Bryozoen der paläozoischen Zeit werden zu den Cyklostomen[2] gerechnet und gehören der großen Mehrzahl nach vollständig ausgestorbenen Familien an, auf deren nähere Schilderung wir jedoch hier nicht näher eingehen, da sie vom geologischen Standpunkte aus keine große Bedeutung haben.

Um so wichtiger sind in dieser Beziehung die Brachiopoden, deren allgemeine Organisation schon bei Besprechung der kambrischen Fauna geschildert wurde; waren in diesen

---

[1] Tentaculites und Styliola werden in der Regel mit Conularia, Hyolithes ꝛc. zu einer Abteilung zusammengefaßt und zu den Pteropoden gestellt, beides mit gleich geringer Berechtigung.

[2] Höchstens kann man noch von ganz vereinzelten Zwischengliedern zwischen Chilostomen und Cyklostomen sprechen.

ältesten Ablagerungen die Formen mit horniger Schale stark im Übergewichte, so kehrt sich vom Silur an das Verhältnis um, die kalkschaligen Typen dominieren und treten in ungeheurer Formenmannigfaltigkeit auf. Hier im Silur erreicht überhaupt die ganze Abteilung der Brachiopoden den Höhepunkt ihrer Entfaltung, welchem selbst der immerhin noch überaus große Formenreichtum der Devon- und der Kohlenformation nicht gleichkommt, während in allen spätern Formationen ein entschiedener und stetiger Rückgang stattfindet. Im ganzen sind aus paläozoischen Ablagerungen nicht weniger als 4000 verschiedene Arten von Brachiopoden bekannt, von denen etwa zwei Fünftel dem Silur angehören, und gerade unter den Angehörigen dieser Klasse finden sich manche der wichtigsten und charakteristischsten Leitversteinerungen.

Abgesehen von dem Vorhandensein kalkiger und horniger Schale, liefert die Art und Weise, in welcher die beiden Klappen miteinander artikulieren, sehr wichtige Merkmale für die Einteilung der Brachiopoden. Bei den einen stehen die Schalen durch Zähne in Verbindung, welche ineinander greifen und eine Scharnierverbindung, ein sogenanntes Schloß, bilden. Es ist das die Abteilung der Testicardines, zu welchen die große Mehrzahl aller kalkschaligen Formen gehört. Auf der andern Seite stehen die Ecardines oder Schloßlosen,

Orthisina: 1. von oben — 2. von der Schloßseite — 3. von innen. — 4. Orthis.

bei welchen die Bewegung der Schalen gegeneinander lediglich durch die Muskulatur geregelt wird, und welche alle Hornschaler nebst einer geringen Minderzahl der Kalkschaler umfassen.

Im Silur und in allen spätern Formationen sind namentlich die Testicardines, die Schloßträger, von größter geologischer Bedeutung. Sie zerfallen in zwei Gruppen, von welchen die eine im Innern feste verkalkte Stützen für die aufgerollten Arme (Pegmatobranchia) besitzt, während der andern solche Stützen fehlen (Eleutherobranchia). Von den erstern tritt schon im Silur die Familie der Orthiden mit den Gattungen Orthis, Orthisina, Streptorhynchus, Strophomena und Leptaena[1] in sehr bedeutender Formenmannigfaltigkeit hervor (s. Abbildungen, S. 80 und 81). Auch die zweite Familie der Eleutherobranchier, die Produktiden, welche durch das Auftreten von röhrenförmigen Stacheln auf der Außenseite des Gehäuses und durch rudimentäre Andeutung eines Armgerüstes („Brachialleisten", nierenförmige Eindrücke) ausgezeichnet sind, überschreiten die obere Grenze der paläozoischen Ablagerungen kaum; aber sie sind im großen und ganzen doch bedeutend jünger als die Orthiden, die ganz auf die paläozoische Zeit beschränkt sind. Sie haben ihre Hauptblüte in der Kohlenformation und im Perm, im Silur sind sie nur durch die eine Gattung Chonetes vertreten, welche den Orthiden noch nahesteht und eine Verbindung zu diesen vermittelt.

Unter den Formen mit Armgerüst, den Pegmatobranchiern, treten uns zunächst die Rhynchonelliden entgegen, bei welchen vom Schloßrande aus zwei kalkige Lamellen vorspringen; sie finden wenigstens ihre Hauptentwickelung in der paläozoischen Zeit; die Gattungen

[1] Die sogenannten Leptänen der mesozoischen Zeit haben vermutlich alle kalkige Spiralen.

Pentamerus und Camarophoria treten nur hier auf, während Rhynchonella selbst zu jenen merkwürdigen Typen gehört, die sich mit geringer Veränderung vom Silur bis auf den heutigen Tag erhalten haben (s. Abbildung, S. 82 unten).

Auch die Familie der Spiriferiden, welche durch das Vorhandensein spiralig aufgerollter kalkiger Armstützen ausgezeichnet ist, zeigt ihre Hauptentfaltung in den paläozoischen Ablagerungen, und sie erscheint hier in einer sehr großen Zahl von Gattungen, wie Spirifer,

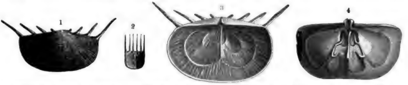
Orthiden in verschiedenen Stellungen: 1 — 3. Strophomena rhomboidalis. — 4 und 5. Leptaena sericea, aus englischem Silur. (Nach Davidson.) — 6. Streptorhynchus umbraculum, aus rheinischem Devon. Vgl. Text, S. 80.

Spirigera, Atrypa, Retzia, Merista rc., von welchen nur wenige in die mesozoische Zeit fortsetzen, wo die letzten im untern Teile der Juraformation, dem Lias, aussterben.

Ganz umgekehrt ist das Verhältnis bei der letzten Abteilung der Pegmatobranchier, bei den Terebratuliden, welche durch ein schleifenförmiges Armgerüst charakterisiert sind; sie sind unter allen Brachiopoden die einzige Abteilung, welche, bei ihrem Auftreten in den silurischen Ablagerungen und in der ganzen paläozoischen Zeit nur schwach repräsentiert, erst in spätern Perioden den Höhepunkt erreicht und noch heute in einer bedeutenden Anzahl verschiedener Gattungen und Arten vorhanden ist; Terebratula, Waldheimia, Terebratulina, Megerlea, Terebratella, Thecidium, Argiope und andre finden sich in unsern Meeren, stellenweise in großer Menge, wenn sie auch in den Sammlungen als vorwiegend die tiefern Regionen bewohnende Tiere verhältnismäßig selten sind.

Digitized by Google

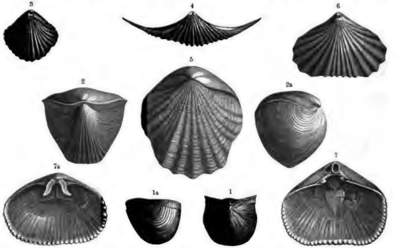
Trotz dieser noch lebenskräftigen Entfaltung der einen Familie sind doch der Hauptsache nach die **Brachiopoden** ein von uralter Zeit bis auf den heutigen Tag in stetem Rückgange begriffener Stamm, der uns schon im Silur in so reichgegliederter Mannigfaltig-



Choneten: 1 und 2. von außen — 3. große Klappe von innen — 4. kleine Klappe von innen. (Nach Davidson und Quenstedt.) Vgl. Text, S. 80.

keit entgegentritt, daß wir ihm ein überaus hohes Alter, ein sehr weites Zurückgreifen in vorkambrische Zeit zuschreiben müssen.

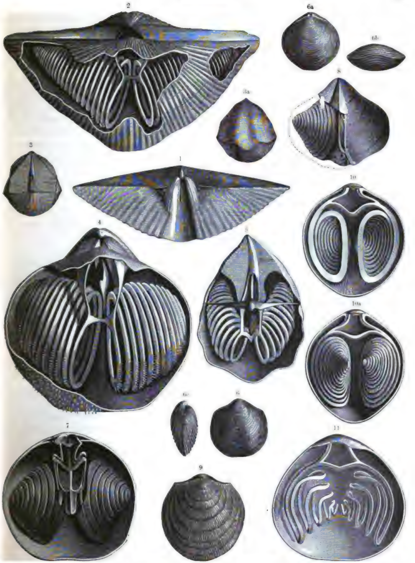
Weitaus den wichtigsten Zweig des Tierreiches vom geologischen Standpunkte aus bilden die **Weichtiere** oder **Mollusken**, deren Schalen unter allen Versteinerungen am häufigsten vorkommen, und mit deren wichtigsten Formen wohl jeder Geolog einigermaßen



Rhynchonellen zum Teil in verschiedenen Stellungen: 1. Rhynchonella Henrici, aus böhmischem Unterdevon. — 2. Rhynchonella cuboides, aus dem Devon des Harzes. — 3. Rhynchonella Vilsensis, aus oberm alpinen Jura. — 4. Rhynchonella cornigera, aus der obern Trias der Alpen. — 5. Rhynchonella quinqueplicata, aus dem Lias Württembergs. — 6. Rhynchonella lacunosa, aus oberm Jura Württembergs. — 7. Rhynchonella dimidiata, aus der obern Kreide Sachsens. (Nach U. Schloenbach.) Vgl. Text, S. 80 u. 81.

vertraut ist. Allerdings sind nicht alle Abteilungen von gleicher Bedeutung, und namentlich sind sie es nicht für alle Formationen in gleicher Weise. In der paläozoischen Zeit, von Beginn des Silur, liefern namentlich die **Cephalopoden** oder **Kopffüßler** eine große Menge von Leitfossilien, während die beiden andern großen Klassen der Mollusken, die Muscheln und die Schnecken (Gastropoden), zwar auch in großer Zahl vorhanden, aber doch von verhältnismäßig geringer Bedeutung sind. In diesen alten Ablagerungen können nur noch die Brachiopoden und in den frühsten derselben die Trilobiten mit den Kopffüßlern rivalisieren.

Digitized by Google



Typen der Spiriferiden zum Teil in verschiedenen Stellungen: 1. Spirifer speciosus, aus dem rheinischen Devon. — 2. Spirifer striatus, aus englischem Kohlenkalke. (Nach Davidson.) — 3. Cyrtia exporrecta, aus gotländischem Obersilur. — 4. Spiriferina rostrata, aus englischem Lias (Nach Davidson) — 5. Cyrtia heteroclita, aus englischem Devon. (Nach Davidson.) — 6. Spirigera concentrica, aus rheinischem Devon. — 7. Dieselbe, aus englischem Devon. (Nach Davidson.) — 8. Merista herculea, aus böhmischem Unterdevon. (Nach Sueß.) — 9. Atrypa reticularis, aus rheinischem Devon. — 10. Dieselbe, aus englischem Obersilur. — 11. Glassia obovata, aus englischem Obersilur. (10 und 11. nach Davidson.) Vgl. Text, S. 81.

Anders verhält es sich in den mesozoischen Formationen: hier überragen die Cephalopoden alle andern Abteilungen des Tierreiches an geologischer Bedeutung so vollständig, daß keine derselben ihnen auch nur entfernt verglichen werden kann, wenn auch Muscheln und Schnecken mehr und mehr an Wichtigkeit zunehmen. In den Tertiärbildungen endlich sind es fast allein die Muscheln und Schnecken, welche den Geologen bei der Altersbestimmung und dem Vergleiche weit voneinander entfernter Gegenden leiten.

Die Ursachen dieser Verhältnisse sind sehr mannigfacher Art. Die große Bedeutung der Cephalopoden in mesozoischen und paläozoischen Ablagerungen hat ihren Grund zunächst in ihrer großen Häufigkeit und in dem Vorhandensein einer Menge gut faßbarer Merkmale an ihren Schalen, wodurch die Bestimmung sehr erleichtert wird. Dazu kommt, daß im Durchschnitte die einzelnen Arten eine geringe geologische[1], aber eine große geographische Verbreitung besitzen und daher gerade für die Wiedererkennung eines und desselben Horizontes in weit voneinander entfernten Gegenden hervorragend geeignet sind. Mit Beginn der Tertiärformation werden dann die schalentragenden Cephalopoden sehr selten, und ihre Formenmenge wird überaus klein, und damit ist natürlich auch ihre Rolle als Leitfossilien so gut wie erloschen. Bei Muscheln und Schnecken ist ihre große Bedeutung im Tertiär lediglich in ihrer außerordentlichen Häufigkeit begründet, welche diejenige aller andern Tierformen, abgesehen von mikroskopischen Organismen, weitaus übertrifft. Daß sie in den ältern Formationen, je weiter man zurückgeht, immer mehr an Wichtigkeit verlieren, ist durchaus nicht etwa durch sehr starke Abnahme der Artenzahl und ihre Seltenheit begründet; sie kommen auch in alten Ablagerungen in großer Zahl vor, und z. B. im Silur dürften Muscheln und Schnecken nicht viel weniger als ein Drittel der gesamten Artenzahl aller bekannten Tiere ausmachen. Allein die einzelnen Formen haben in der Regel verhältnismäßig geringe geographische Verbreitung, sie bieten weniger charakteristische Gestalt als die Cephalopoden. Namentlich sind gerade diejenigen Teile der Schalen, welche für eine sichere Bestimmung in erster Linie von Wichtigkeit sind, das Schloß der Muscheln und die Mündung der Schnecken, in den harten Gesteinen der alten Formationen nur selten erhalten, so daß wesentliche Unsicherheit entsteht. Endlich haben die Paläontologen gerade das Studium der geologisch alten Vertreter dieser beiden Molluskenklassen ziemlich stark vernachlässigt, und infolgedessen fehlen vielfach die litterarischen Behelfe zu ihrer Bestimmung.

Unio pictorum („Malermuschel“), als Typus der Muscheln. Vgl. Text, S. 85.

Wir sehen daraus, von was für verschiedenen, teilweise oft rein zufälligen Ursachen die

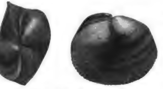
[1] D. h. eine und dieselbe Art kommt in einer verhältnismäßig geringen Zahl aufeinander folgender Schichten vor.

Digitized by Google

geologische Bedeutung der einzelnen Tiergruppen abhängt, und wie viele Daten für die Geologie noch aus der Erweiterung des paläontologischen Wissens zu erwarten sind.

Die **zweiklappigen Muscheln**[1] (auch **Bivalven, Acephalen, Elatobranchier, Lamellibranchier** oder **Pelecypoden** genannt), die niedrigst organisierte **Abteilung der Mollusken**, gehören zu jenen Tierformen, mit denen der Mensch im täglichen Leben so viel in Berührung kommt, daß wohl jeder mit ihrer äußern Erscheinung vertraut ist. Der kleine Junge, der seine ersten Malversuche anstellt, findet seine Farben in den Schalen der Teich- oder der Miesmuschel angerieben, die Auster, die Perlmuschel sind wohl niemand fremd. Zwei in der Regel durch ineinander greifende Zähne, das sogenannte Schloß, artikulierende Schalen umschließen die Weichteile dieser Tiere, welche ausschließlich im Wasser, der Mehrzahl nach im Meere leben. Das Aufklappen der Schale wird durch eine elastische Bandmasse in der Nähe des Schlosses bewirkt. Sie ist schwarz oder braun, ihre Lage ist auch bei fossilen Formen meist kenntlich und liefert wichtige Merkmale für die Unterscheidung verschiedener Gruppen. Will das Tier die Klappen wieder schließen, so geschieht dies durch Zusammenziehen des einen oder der zwei Schließmuskeln, welche im Innern vorhanden sind, und deren Ansatzstellen an der Innenseite der Schalen bei den meisten und wenigstens bei allen etwas dickschaligern Muscheln sehr deutlich sichtbar zu sein pflegen.

Conularia. Vgl. Text, S. 86.



Antipleura, aus böhmischem Silur.

Die Weichteile werden innerhalb der Schale von einer ebenfalls zweiklappigen Hautduplikatur umschlossen, dem sogenannten Mantel, welcher bei Lebzeiten des Tieres die kalkigen Schalen ausscheidet und sich an deren Innenseite aufs innigste anschließt. Speziell ist er an dieser durch eine langgestreckte Reihe von Muskelfasern befestigt. Der Ansatz derselben erzeugt in der Regel eine sehr deutliche vertiefte Linie im Schaleninnern, Mantellinie oder Manteleindruck genannt, welche dem untern, dem Schlosse gegenüberliegenden Rande parallel läuft; bei vielen Muscheln zeigt dieser Manteleindruck gegen rückwärts eine Einbuchtung, die Mantelbucht, welche nur bei Formen mit langen, aus der Schale vorstreckbaren Atemröhren vorkommt.

Im Silur bildet den verbreitetsten Typus eine große Anzahl von äußerst dünnschaligen Muscheln ohne Schloßzähne und ohne deutlich sichtbare Muskeleindrücke und Mantellinie, Formen, über deren Organisation wir infolgedessen sehr wenig wissen, von denen wir nur sagen können, daß sie eine selbständige, fast ganz auf die paläozoische Zeit begrenzte Gruppe bilden, für die der Name der **Palaeoconchae** (der „alten Muscheln") vorgeschlagen worden ist. (Vgl. die obenstehende Abbildung von **Antipleura**.) Außerdem treten zahlreiche Formen mit einem großen und einem bedeutend kleinern Schließmuskel und wenig oder gar nicht entwickelten Schloßzähnen auf, den Gattungen **Avicula, Pterinea, Aviculopecten, Myalina** ꝛc. angehörig. Von den Muscheln mit zwei gleichgroßen Schließmuskeln finden sich namentlich Formen aus der Ordnung der Taxodonten, bei welchen

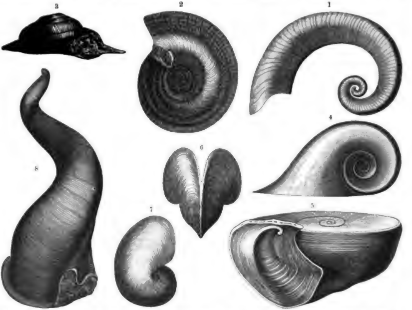
[1] Es ist ein verwerflicher, aber leider sehr verbreiteter Sprachgebrauch, nicht nur die zweiklappigen Schalen der Austern, Teichmuscheln ꝛc. als **Muscheln** zu bezeichnen, sondern diesen Namen auch auf alle dem Binnenländer etwas fremdartig erscheinenden marinen Schneckengehäuse zu übertragen.

Digitized by Google

die Schloßzähne zahlreich in einer langgestreckten Reihe stehen. Arca, Cucullaea, Nucula, Leda sind solche Formen, und unter ihnen finden wir ebenso wie unter den Typen mit zwei ungleichen Schließmuskeln eine Anzahl von Gattungen, die sich ohne nennenswerte Änderung vom Silur bis heute erhalten haben.

Im allgemeinen haben die silurischen Muscheln trotz ihrer enormen Artenzahl für den Geologen keine große Bedeutung; wohl sind einzelne Arten, wie z. B. Cardiola interrupta, sehr bezeichnende Leitformen, aber die große Mehrzahl ist von geringer Wichtigkeit.

Kaum besser steht es mit den **Schnecken** des Silur. Vor allem treten unter ihnen die mit einem Schlitze an der Mündung der Schale versehenen Pleurotomariden und



Silurische Schnecken. (Nach F. Römer.) 1. Ecculiomphalus alatus, aus einem untersilurischen Diluvialgeschiebe. — 2, 3. Euomphalus alatus, aus dem Obersilur von Gotland. — 4. Salpingostoma megastoma, aus einem untersilurischen Diluvialgeschiebe. — 5. Maclurea Logani, mit Deckel, ebendaher. — 6, 7. Bellerophon cultrijugatus, ebendaher — 8. Acroculia anguis, aus böhmischem Obersilur.

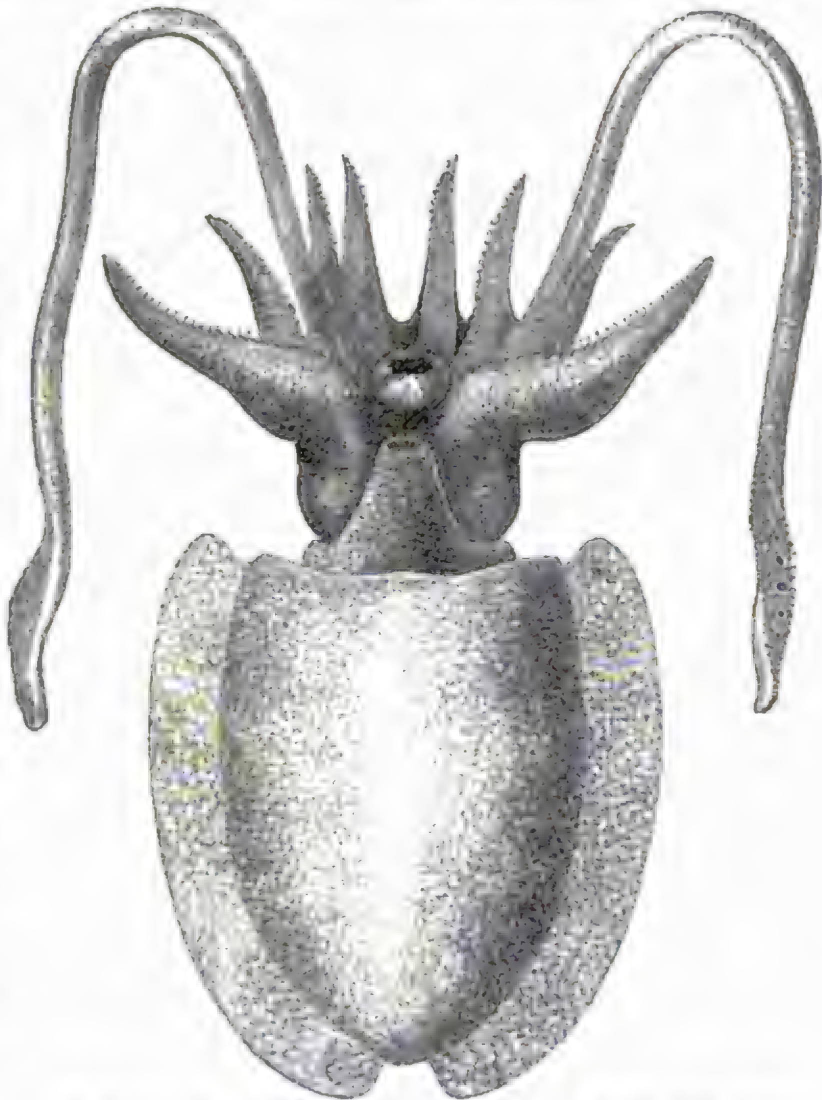
Bellerophontiden mit den Gattungen Pleurotomaria, Murchisonia, Porcellia, Bellerophon hervor, ferner die an unsre jetzt lebenden Perspektivschnecken sich anschließenden Euomphalus sowie einige Typen, die von jetzt lebenden Gattungen, wie Turbo und Natica, kaum wesentlich verschieden scheinen. Eine besonders charakteristische Erscheinung bilden die hohen, becherförmigen, sehr dünnschaligen Mützenschnecken oder Kapuliden, welche weit zahlreichere und stattlichere Vertreter aufzuweisen haben als in den spätern Formationen.

Mit großer Wahrscheinlichkeit muß den Schnecken auch die vollständig ausgestorbene Abteilung der Conulariden mit den Gattungen Conularia (s. Abbildung, S. 85 rechts), Hyolithes rc. zugeschrieben werden, Formen mit hornigen oder kalkigen, pyramidalen Schalen, welche an ihrer Spitze bisweilen eine Kammerung und an der Mündung einen Deckel zeigen. Man hat diese Formen, welche im Silur den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreichen

Digitized by Google

und zu Beginn des Jura auszusterben scheinen, mit den oben erwähnten Gattungen Tentaculites und Styliola vereinigt und alle zusammen zu den Pteropoden, einer jetzt lebenden und in den jungen geologischen Formationen verbreiteten, sehr abweichenden Unterklasse der Schnecken, gestellt, aber beides ohne hinreichenden Beweis. Dagegen ist es sehr wahrscheinlich, daß die Conulariden eine durchaus selbständige, ausgestorbene Tiergruppe bilden, welche weder mit den Tentakuliten noch mit den Pteropoden irgend etwas zu thun hat; über ihre Organisation sind wir nicht näher unterrichtet, doch ist es kaum zweifelhaft, daß sie zu den Mollusken gehören und sich hier den Schnecken am engsten anschließen.

Die letzte große Abteilung der Mollusken, die Cephalopoden oder Kopffüßler, sind in der Jetztzeit durch eine nicht sehr bedeutende Zahl von Formen vertreten, sämtlich schwimmende, äußerst räuberische und gefräßige Meeresbewohner, zu denen die sogenannten Tintenfische, die Kraken (Octopus), der Nautilus 2c. gehören. Von allen jetzt lebenden Gattungen sind nur zwei mit einer äußern Schale versehen, nämlich Nautilus und Argonauta, während die große Mehrzahl nackt ist und höchstens innere Hartteile, einen sogenannten Schulp oder ein vom Mantel umschlossenes Schalenrudiment, besitzt.



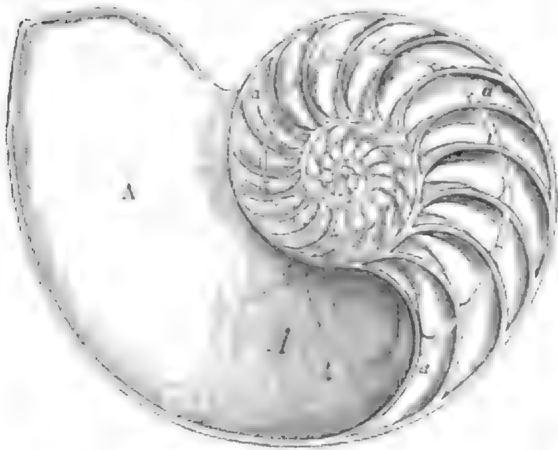
Gemeiner Tintenfisch (Sepia officinalis), als Typus eines nackten Cephalopoden.

Ganz anders verhält es sich in den paläozoischen und mesozoischen Formationen. Hier wimmeln alle Meere von zahllosen schalentragenden Cephalopoden, deren Gehäuse im Innern durch Querscheidewände in einzelne Kammern abgeteilt waren. Nur die letzte derselben, die Wohnkammer, diente dem Tiere zum Aufenthalte, während alle andern mit Luft gefüllt waren und es dem Tiere ermöglichten, unbehindert von dem Gewichte der kalkigen Schale leicht an der Oberfläche des Wassers zu schwimmen. Glücklicherweise ist in der Jetztzeit noch ein typischer Vertreter dieser Formen in der bekannten Gattung Nautilus als ein wahres lebendes Fossil erhalten, dessen Studium uns den Schlüssel zum Verständnisse jener Legion untergegangener Lebewesen gibt.

Bei allen Cephalopoden ist der Leib von einem sackförmigen Hautgebilde, dem Mantel, umgeben, aus dessen oberm Ende der sehr deutlich abgesetzte Kopf mit hoch entwickelten Augen, mit dem Munde und einem diesen umgebenden Kranze von 8 bis 10 großen Fangarmen

oder sehr zahlreichen kurzen Tentakeln hervorragt. Nautilus weicht nicht nur durch seine Schale, sondern auch durch eine Reihe andrer Merkmale von den übrigen Cephalopoden ab, namentlich durch das Vorhandensein von vier statt zwei Kiemen und durch den Besitz zahlreicher kurzer Tentakeln statt der großen Fangarme, und man hat daher für die eine lebende Gattung eine besondere Unterordnung der Tetrabranchiaten oder Vierkiemer aufgestellt.

Die Schale des Nautilus ist spiralig in einer Ebene aufgerollt und zeigt innerlich ausgezeichneten Perlmutterglanz, während sie äußerlich matt porzellanartig erscheint, weiß mit rotbraunen Flammenstreifen; die Kammerscheidewände sind aus Perlmuttersubstanz gebildet, gegen die Mündung zu konkav; vom Hinterende des Tieres reicht ein dünner häutiger Strang, welcher ein Blutgefäß umfaßt, der sogenannte Sipho, durch alle Luftkammern hindurch; jede Scheidewand zeigt für den Durchtritt desselben nahe ihrem Zentrum ein kleines, rundes Loch, an welchem sich eine nach hinten gerichtete Ausstülpung der Scheidewand, die sogenannte Siphonaltute, befindet (s. nebenstehende Abbildung).

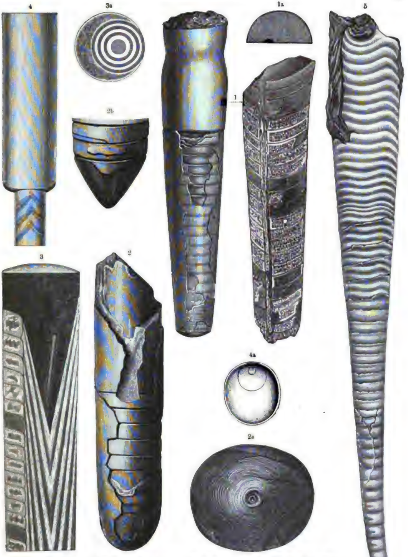


Durchschnitt der Schale von Nautilus pompilius. A Wohnkammer — a Luftkammern. ½ natürl. Größe.

An diesen Typus schließt sich nun eine Menge von fossilen Formen aufs engste an, welche man als die Familie der Nautiliden zusammenfaßt. Schon im Silur treten sie in nahezu 1800 verschiedenen Arten und einer großen Menge von Gattungen auf, in sehr mannigfaltigen äußern Gestalten; allein sie erreichen auch hier, im obern Teile der Formation, den Höhepunkt ihrer Entfaltung. Von da an gehen sie stetig mehr und mehr zurück, und seit Beginn der Juraformation bis auf den heutigen Tag sind sie nur noch durch die eine Gattung Nautilus vertreten.

Die fossilen Nautiliden zeigen natürlich bei ihrer großen Mannigfaltigkeit auch vielfache Abweichungen von ihrem überlebenden Repräsentanten. Die äußere Form der Schale, der Mündung, die Größe und Gestalt des Sipho wechseln sehr auffallend, allen gemeinsam bleibt die verhältnismäßig einfache, nach außen konkave Form der Kammerscheidewände; mit sehr geringen Ausnahmen sind die Siphonaltuten stets nach rückwärts gerichtet; vor allem aber ist die Bildung des Schalenanfanges, des ersten Schalenstückes, welches das Tier in seiner Jugend anlegt, im höchsten Grade charakteristisch, ja es ist das das einzige Merkmal, durch das nach dem jetzigen Stande unsrer Kenntnisse überhaupt eine scharfe Abgrenzung der Nautiliden gegen andre Cephalopoden mit gekammerter Schale, speziell gegen die Ammoniten, vorgenommen werden kann. Dieser Schalenanfang zeigt immer breitkegelförmige Gestalt und an seiner Spitze eine eigentümliche narbenartige Zeichnung, welche darauf hinweist, daß die kleinen Schälchen anfangs durchbohrt waren und erst später allmählich die Öffnung rückwärts verschlossen.

Es mögen hier nur einige der wichtigsten Nautilidentypen der Silurformation hervorgehoben werden. Weitaus die verbreitetste und formenreichste Gattung bildet Orthoceras mit weit über 1000 verschiedenen Arten. Es gehören hierher ganz gerade gestreckte Formen von mehr oder weniger spitzkegelförmiger Gestalt und großer, nicht verengter Mündung. Allerdings sind unter diesen geraden Orthoceren selbst so viele verschiedene Abweichungen vorhanden, namentlich zeigt der Sipho so stark kontrastierende Bildungen, daß man sehr verschiedene Abteilungen unterscheiden kann. Bei manchen ist der Sipho eng und ungefähr im Zentrum gelegen, bei andern ist er sehr weit und kugelig aufgetrieben. Für den Geologen ist namentlich



Silurische Nautiliden: 1. Orthoceras Neptuneum, mit abgebrochener Spitze, aus böhmischem Obersilur. — 1a. Durchschnitt durch dasselbe. — 2. Orthoceras truncatum, aus böhmischem Obersilur; die ältern Kammern sind vom Tiere abgestoßen und das abgebrochene Ende mit einer massiven Kalkkappe verklebt. — 2a. Kalkkappe von unten — 2b. von der Seite. (1 u. 2. nach Barrande.) — 3. Endoceras longissimum, aus Untersilur, Durchschnitt; der Sipho durch tutenförmig ineinander steckende Kalkabscheidungen ausgefüllt. — 3a. Querschnitt. (Nach Barrande.) — 4. Endoceras duplex, aus nordischem Untersilur; die Schale ist unten abgebrochen, der Sipho ragt ein Stück weit über dieselbe heraus. — 4a. Querschnitt. (Nach Quenstedt.) — 5. Lituites lituus, aus nordischem Untersilur. (Nach Nötling.) Vgl. Text, S. 90.

eine Gruppe von Bedeutung, für welche die Untergattung Endoceras aufgestellt worden ist: es sind das Orthoceren mit außerordentlich weitem, hart randlich gelegenem Sipho, welcher von dem Tiere mit verschiedenartig gestalteten, oft tutenförmig ineinander steckenden Kalkabsätzen teilweise wieder ausgefüllt wurde. Diese Formen sind für das Untersilur von Skandinavien, Rußland und Nordamerika in hohem Grade charakteristisch und haben hier den verbreiteten Orthocerenkalken ihren Namen gegeben (s. Abbildungen, S. 89).

Neben Orthoceras ist namentlich Cyrtoceras zu nennen, mit einfach gebogener Schale, ebenfalls außerordentlich verbreitet im Silur. Bildet die Schale eine vollkommen geschlossene Spirale, so haben wir die Gattung Nautilus, welche allerdings im Silur nur spärlich auftritt und erst in etwas späterer Zeit den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreicht. Bei Trochoceras ist die Schale nicht genau in einer Ebene aufgerollt, sondern dieselbe geht etwas schneckenartig in die Höhe, während bei den ausschließlich untersilurischen Lituiten an eine vollkommen geschlossene Spirale sich ein gerade gestreckter Schaft von größerer oder geringerer Länge anschließt.

Silurische Nautiliden: Ascoceras, aus böhmischem Obersilur. — a Schalenexemplar. — b Steinkern. (Nach Barrande.)

Bei einer andern Gruppe von Formen, bei den geraden Schalen von Gomphoceras und den gekrümmten von Phragmoceras, tritt eine sehr merkwürdige Verengerung der Mündung ein, welche in zwei durch einen schmalen Schlitz miteinander verbundene Öffnungen zerfällt. Fügen wir dazu noch die seltsam schlauchförmigen Gehäuse von Ascoceras (s. nebenstehende Abbildung) mit ihren unregelmäßig verlaufenden Kammerscheidewänden, so ist damit ein flüchtiges Bild der Haupttypen unter den Nautiliden der Silurzeit gegeben. Nachdem in den kambrischen Ablagerungen die Trilobiten die größten und stattlichsten Tiere gewesen waren, sind es nun die mächtigen, räuberischen Cephalopoden, welche die Herrschaft unter den Tieren des Meeres erlangen, aber nur auf kurze Zeit. Denn schon in den letzten Phasen der Silurzeit treten auch ihnen wieder in den nun auftauchenden Fischen übermächtige Konkurrenten zur Seite, und mit ihrem Erscheinen und ihrer Ausbreitung gehen auch die Nautiliden stark zurück.

Die letzte der großen Hauptabteilungen der wirbellosen Tiere, die Gliederfüßler oder Arthropoden, sind im Silur fast nur durch Krustaceen oder Krebstiere vertreten; auch hier spielen unter ihnen, wie in den kambrischen Ablagerungen, die Trilobiten, deren Organisation schon früher geschildert wurde, die erste Rolle, ja die Zahl der Gattungen und Arten ist sogar eine bedeutend größere geworden; dieses Erstarken des Stammes ist jedoch nur scheinbar, in Wirklichkeit ist derselbe hier in entschiedenem Rückgange begriffen; denn während in der armen Fauna der kambrischen Formation die Trilobiten vor allen andern Tierformen weitaus überwiegen, bilden sie im Silur kaum mehr den neunten Teil der gesamten Fauna.

Es wurde schon früher erwähnt, daß die silurischen Trilobiten von den kambrischen total verschieden sind, nicht nur den Arten, sondern, von kaum nennenswerten Ausnahmen abgesehen, auch den Gattungen nach. Es sind zwei ganz vollständig voneinander abweichende Vergesellschaftungen, die sich nur in dem obersten Horizonte der kambrischen Formation, in den Tremadocbildungen und deren Äquivalenten, vermengen. Allerdings müssen wir uns, um die Bedeutung dieses Kontrastes nicht zu überschätzen, an das erinnern, was oben über den Charakter der uns bis jetzt bekannten kambrischen Fauna als einer verarmten Tiergesellschaft großer Meerestiefen gesagt wurde, und daß aller Wahrscheinlichkeit nach die uns noch

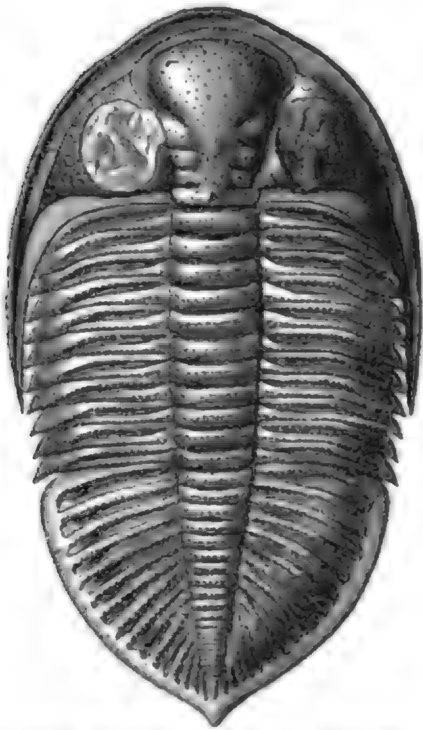
unbekannte Seichtwasserfauna jener Zeit der Bevölkerung des Silur weit näher stand. Vorläufig aber müssen wir uns auf die Darstellung dessen beschränken, was wir heute kennen.

Das Untersilur ist ganz besonders reich an Trilobiten; sowohl die Zahl der Arten als die der Gattungen ist eine sehr bedeutende und übertrifft die aller spätern Ablagerungen weitaus. Ja, wir sehen die auffallende Erscheinung, daß mit sehr wenigen Ausnahmen

Trilobiten: 1 Asaphus peltastes, aus englischem Untersilur. — 2. Illaenus Katzeri, aus böhmischem Untersilur. — 3. Illaenus Murchisoni, aus englischem Untersilur. — 4. Illaenus insignis, aus englischem Obersilur. (Nach Salter und Barrande.)

hier schon alle Genera vorhanden sind, welche später im obern Silur, im Devon und in der Kohlenformation eine Rolle spielen. Als besonders bezeichnend für das untere Silur sind die großen, flachen Formen von Asaphus und Ogygia zu nennen, zu welchen die Riesen unter den Trilobiten gehören, ferner die Gattung Illaenus mit fast ganz glatter Oberfläche, auf welcher die Dreiteilung durch Längsfurchen nur angedeutet ist, endlich Trinucleus mit dem großen, von merkwürdig verziertem Rande umgebenen Kopfschilde (s. Abbildung 1, S. 92 unten).

Andre Gattungen sind sowohl im untern als im obern Silur sehr verbreitet, wie Calymene, Dalmanites mit seinen mächtig entwickelten, groß facettierten Augen und elf Mittelleibsringen, Harpes, Lichas, Cheirurus mit fingerförmig gelapptem Schwanzschilde, die Gattung Acidaspis, die an wunderbarer Verzierung mit Stacheln und Spitzen alle andern Trilobiten übertrifft (s. Abbildung, S. 93).

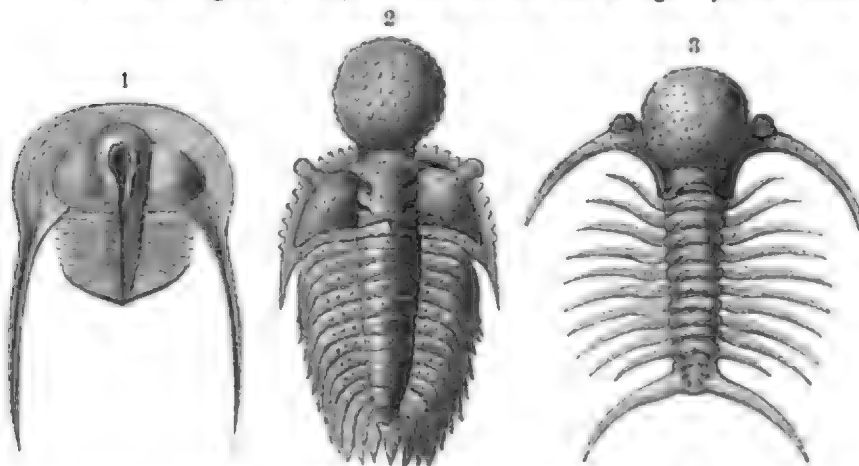


Dalmanites Hausmanni, aus böhmischem Obersilur. (Nach Barrande.)

Weitverbreitete, große Gattungen, welche speziell für das obere Silur charakteristisch wären, sind nicht zu nennen, doch gibt es eine Anzahl, die, im untern Silur schwach vertreten, erst in den höhern Schichten der Formation in sehr kräftiger Entwickelung vorkommen; hierher gehört Phacops, ein naher Verwandter des eben erwähnten Dalmanites und noch mehr als dieser durch die mächtig vorspringenden Augen ausgezeichnet, ferner Proëtus und die durch ihr großes, fächerartiges Schwanzschild bemerkenswerte Gattung Bronteus.

Natürlich kann es nicht unsre Absicht sein, das ganze wunderbare Formengemenge dieser fremdartigen Tiere kennen zu lernen. Es mag genügen, hier nur noch auf einige höchst seltsame und abweichende Typen aufmerksam zu machen, so auf die Gattungen Staurocephalus aus dem untern und Deiphon aus dem obern Silur, welche durch die abenteuerliche kugelige Auftreibung ihrer Stirn in hohem Grade auffallen, Ampyx mit seinem gewaltigen Stirnstachel und Dionide mit den in ungeheuer lange Hörner ausgezogenen Hinterecken des Kopfschildes (s. Abbildungen, S. 92 und 93).

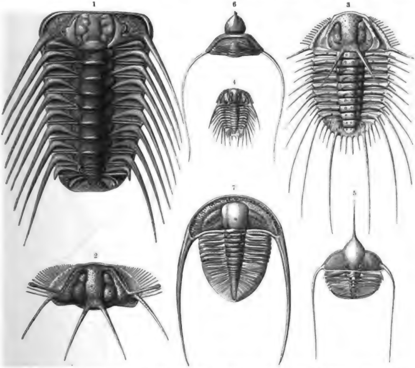
Die übrigen Krustaceen treten im Vergleiche mit den Trilobiten in den silurischen Ablagerungen nur untergeordnet auf, doch erreichen einige derselben ziemlich große Bedeutung und zeigen sehr merkwürdige Formen. Vor allen sind die gewaltigen Eurypteriden zu nennen, die größten Krebstiere, welche je auf Erden existiert haben. Diese riesigen Tiere, von welchen manche eine Länge von etwa 2 m erreichten, kommen in den obersten silurischen und in den untern devonischen Ablagerungen vor; doch sind sie nicht auf diese Horizonte beschränkt, ihre geologische Verbreitung ist größer, denn vereinzelt treten sie auch schon in etwas tiefern Silurbildungen auf, und eine Anzahl von Vertretern findet sich bis in die Kohlenformation.



1. Trinucleus Goldfussi, aus böhmischem Untersilur. Die Rinne in der Mitte entspricht dem Darmkanale. (Nach Barrande.) — 2. Staurocephalus Murchisoni, aus englischem Obersilur. — 3. Deiphon Forbesi, aus böhmischem Obersilur. Vgl. Text, S. 91—93.

Die Eurypteriden haben einen kurzen, breiten, mit kräftigem Schilde bewehrten Kopf, dann folgt der mächtige gestreckte Rumpf, welcher aus zwölf frei beweglichen Körpersegmenten

besteht und nach hinten entweder in einen kräftigen Schwanzlappen oder in einen langen, schwertförmigen Schwanzstachel endet. Die Oberseite des Kopfes trägt zwei große, zusammengesetzte Augen und zwei kleine Einzelaugen, auf der Unterseite des Körpers sind sechs Beinpaare angebracht, von denen aber eins sehr schwach und nur äußerst selten sichtbar ist. Die Hüften von fünf derselben dienen als Kauorgane und umgeben den Mund zu beiden

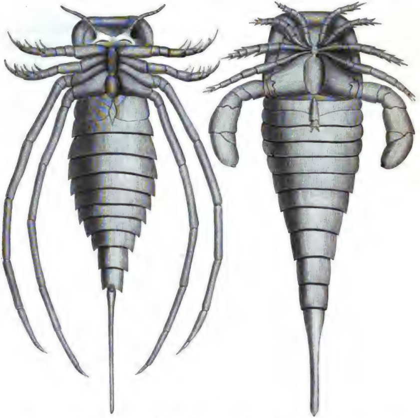


Trilobiten aus böhmischem Silur: 1. Acidaspis Buchi. — 2 Kopf von Acidaspis mina. — 3. Acidaspis Dufrenoyi. — 4. Acidaspis Roemeri. — 5. Ampyx Ruaulti. — 6. Ampyx tenellus, eingerollt. — 7. Dionide formosa. (Nach Barrande.) Vgl. Text, S. 92.

Seiten. Das erste Beinpaar trägt bei der Gattung Pterygotus gewaltige Scheren, das letzte ist bei der Mehrzahl der Gattungen, wie bei den Trilobiten, als mächtiger breiter Schwimmfuß entwickelt.

Außer den sechs Beinpaaren, welche am Kopfe befestigt sind, trägt dieser auf der Unterseite an seinem Hinterrande eine eigentümliche mit Kiemen besetzte Platte, das sogenannte Operculum, und ähnliche finden sich auch an den vordersten Rumpfsegmenten. Bei der typischen Gattung Eurypterus stehen die Augen in der Mitte des Kopfes, die fünf vordern Beinpaare sind klein, nur das sechste, das Ruderpaar, ist groß und kräftig, am Körperende ist ein mächtiger, schwertförmiger Stachel vorhanden. Dieser letztere ist noch weit stärker bei der Gattung Stylonurus entwickelt, und außerdem sind hier die beiden letzten Beinpaare zu enormer Länge und Schlankheit ausgebildet. Vergegenwärtigt man sich,

daß diese seltsamen Tiere eine Länge von mehr als 1 m erreichten, so wird man sich die Stylonuren wohl als die fremdartigsten Krebstiere vorstellen müssen, die je gelebt haben, und die ganze jetzige Schöpfung enthält kaum irgend ein wirbelloses Geschöpf von so auffallenden Formen (s. Abbildungen, S. 94, 95 und 96).



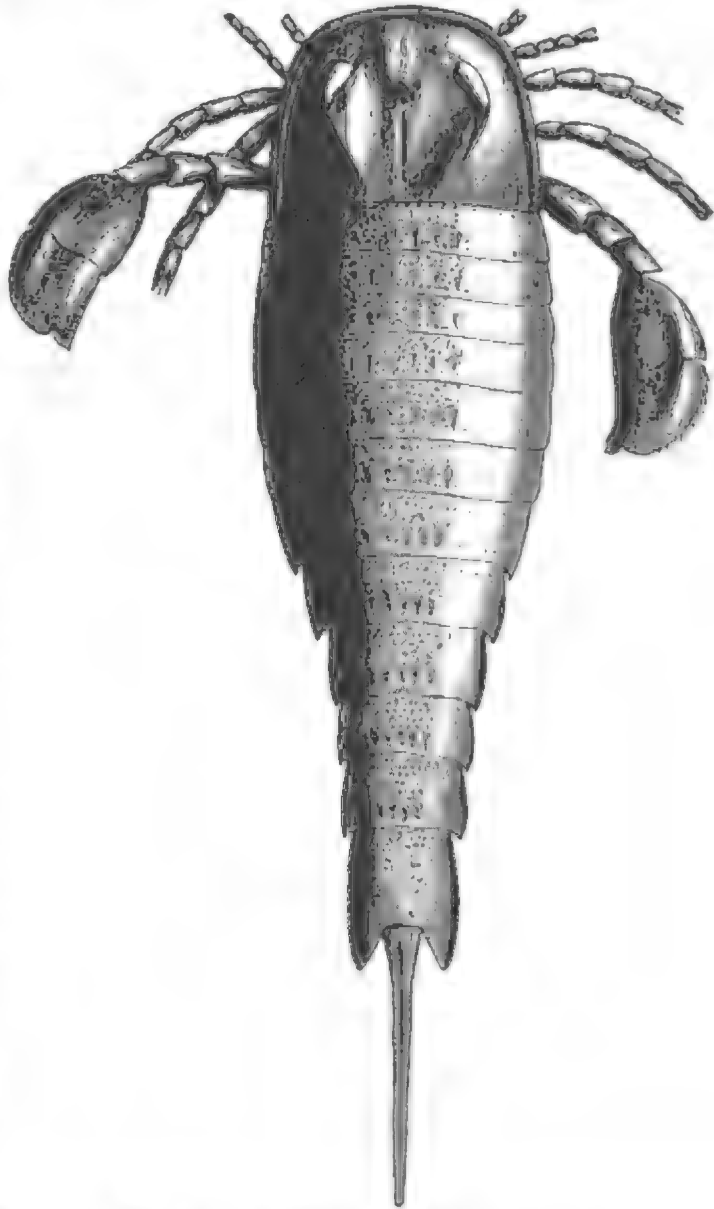
Eurypterus (rechts) und Stylonurus (links), aus englischem Obersilur; Unterseite. (Restauriert nach Woodward.) Vgl. Text, S. 93.

Die mächtigen Slimonien schließen sich ziemlich nahe an Eurypterus an, nur ist der Schwanzstachel kürzer und breiter und die Augen an den Vorderrand des Kopfes gerückt; sie zeigen unter den bisher genannten Formen am meisten Verwandtschaft mit der letzten Gattung, mit Pterygotus, bei welcher die Augen ebenfalls ganz am Vorderrande stehen, das vorderste Fußpaar mächtige Scheren trägt und das Endglied des Körpers breit lappenförmig gestaltet ist. Wohl gehören hierher auch kleinere Formen, wie Pterygotus bilobus, vor allem aber enthält diese Sippe die gewaltigsten Riesen, von denen allerdings gerade die größten Arten, wie Pterygotus taurinus und problematicus, nur in einzelnen Bruchstücken

Digitized by Google

gefunden worden sind. Dagegen ist der nicht viel kleinere, fast mannslange Pterygotus anglicus, der Seraphim der dortigen Steinbrucharbeiter, im Unterdevon Schottlands in ausgezeichneten Exemplaren gefunden worden.

In den Eurypteriden treten uns zum erstenmal Formen entgegen, von denen es sehr wahrscheinlich ist, daß sie wenigstens nicht alle ausschließlich Meerestiere gewesen sind; wohl tritt ein großer Teil ihrer Reste in rein marinen Ablagerungen und in einer Gesellschaft von Meerestieren auf, andre dagegen und unter ihnen gerade die großen Pterygoten des Unterdevon finden sich in Gesteinen, welche sich aller Wahrscheinlichkeit nach in großen Binnenseen abgelagert haben.

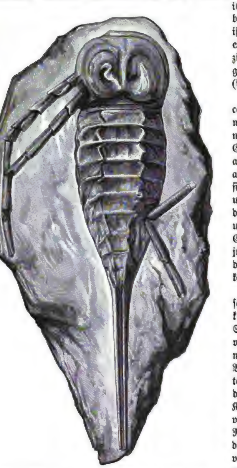


Eurypterus Fischeri, aus baltischem Obersilur, etwa ⅓ der natürlichen Größe. (Nach Niedzkowsky.) Vgl. Text, S. 94.

Die verwandtschaftlichen Beziehungen der Eurypteriden zu andern Krustaceen sind noch nicht mit voller Sicherheit festgestellt, doch machen es mehrfache gemeinsame Züge in der Organisation, die wir hier nicht weiter verfolgen können, sehr wahrscheinlich, daß sie mit den Trilobiten und den noch jetzt lebenden Molukkenkrebsen (Limulus), welche die Familie der Xiphosuren bilden, in naher Beziehung stehen und mit ihnen zusammen eine der großen Hauptabteilungen der Krebstiere bilden, für welche man den Namen der Gigantostraca (Riesenkrebse) vorgeschlagen hat. Es ist das um so plausibler, als in paläozoischen Ablagerungen auch manche Formen vorkommen, die zwar keine vollständigen Zwischenglieder sind, aber doch einigermaßen die Lücken zwischen den einzelnen Gruppen ausfüllen. Die S. 97 untenstehende Abbildung stellt einige dieser verschiedenen Typen dar, welche vom Silur bis zur Kohlenformation sich erstrecken.

Unter den übrigen Krustaceen des Silur spielen die bedeutendste Rolle die Ostrakoden oder Muschelkrebse, zu welchen in der jetzigen Schöpfung die bekannten winzigen Wasserflöhe gehören. Hier sind die Weichteile von zwei großen, den Schalen der Muscheln sehr ähnlichen Klappen, welche auch mit Schloßzähnen, mit einem Ligamente und mit Schließmuskel ausgerüstet sind, vollständig umschlossen. Während vom Devon an bis auf den heutigen Tag diese Ostrakoden nur durch winzig kleine Formen vertreten sind, erreichen sie im Silur zum Teile sehr beträchtliche Größe, wie vor allen die S. 98 oben abgebildete Aristozoe regina aus Böhmen; und wenn auch nur wenige sich dieser in ihren Dimensionen

nähern, so gibt es doch eine bedeutende Anzahl von Gattungen und Arten, welche, wie z. B. die sehr häufige und bezeichnende Leperditia baltica, die spätern Verwandten weitaus überragen. Daneben fehlten allerdings schon damals die Zwerge nicht, welche stellenweise in unzähligen Mengen den Meeresboden bevölkerten, und unter diesen ist namentlich die Gattung Beyrichia mit ihrer sehr kräftigen Verzierung für die silurischen Bildungen in hohem Grade charakteristisch (s. Abbildung, S. 98).



Stylonurus Powriei, aus schottischem Devon. (Nach Woodward.) Vgl. Text, S. 94.

Außerdem werden von Krustaceen noch Cirripedier genannt, Verwandte unsrer sogenannten Entenmuscheln, welche im Silur durch die Gattung Plumulites und einige andre vertreten sein sollen, ohne daß allerdings diese Deutung durchaus sicher stünde. Die Abbildung, S. 98 unten, zeigt uns solche Formen aus den Silurablagerungen Englands und Böhmens und daneben diejenige Gattung der echten Cirripedier aus jüngern Ablagerungen, welche mit den Plumuliten die meiste Ähnlichkeit hat.

Als letzte Abteilung der silurischen Krebstiere sind die Ceratiokariben zu nennen, welche im Silur sehr verbreitet sind und sich von da an in stets abnehmender Formenzahl wenigstens mit vereinzelten Vertretern bis in den Jura erhalten zu haben scheinen. Wir sehen in der Regel ein großes, zweiklappiges Kopfbrustschild, an das sich nach vorn ein drittes kleineres Stück, die Rostralplatte, anschließt, welche allerdings bei der Fossilisation sehr leicht verloren geht, vielleicht auch nicht einmal bei allen Formen vorhanden war. Nach rückwärts ragt unter der Bedeckung der schlanke Hinterleib hervor, welcher aus 4—8 frei beweglichen Segmenten besteht und an seinem Ende eine aus 3—5 stachelartig zugespitzten Teilen zusammengesetzte mächtige Schwanzflosse trägt (s. Abbildung, S. 99). Allerdings findet man die einzelnen Teile nur selten in dieser Vollständigkeit beisammen, am häufigsten trifft man nur das isolierte Kopfbruststück, manchmal auch einzelne Stacheln der Schwanzflosse, welche in früherer Zeit als Flossenstacheln von Fischen aufgefaßt worden sind.

Die zahlreichen Gattungen dieser Ceratiokariden wurden früher allgemein und oft genug noch jetzt als Reste angeführt, welche der Krustaceenordnung der Phyllopoden an-

Slimonia acuminata, aus englischem Obersilur, bedeutend verkleinert. (Nach Woodward.) Vgl. Text, S. 95.

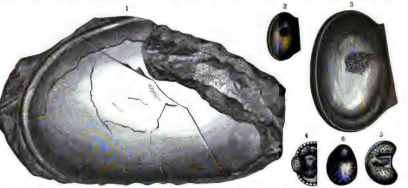
gehören, jedoch ohne die mindeste Berechtigung. In der Jetztzeit läßt sich ihnen nur die ganz isoliert dastehende Gattung Nebalia vergleichen, welche infolge ihrer Organisation in keine der großen Hauptabteilungen eingereiht werden kann. Sie verbindet in sehr

Paläozoische Xyphosuren: 1. Prestwichia rotunda, aus englischer Kohlenformation. — 2. Belinurus reginae, aus der irischen Steinkohlenformation. — 3 Derselbe, vergrößert. — 4. Neolimulus falcatus, aus englischem Obersilur. — 5. Triopus Draboviensis, aus böhmischem Untersilur. — 6. Hemiaspis limuloides, aus englischem Obersilur. (Nach J. Barrande und H. Woodward.) Vgl. Text, S. 95.

merkwürdiger Weise Charaktere der niedrig organisierten Entomostraca mit solchen der hoch stehenden Malacostraca oder Schalenkrebse, was die Ähnlichkeit jener alten Ceratiokariden in hohem Grade bedeutsam und interessant erscheinen läßt.

Digitized by Google

Es bleiben noch die Fische der silurischen Zeit zu erwähnen, welche allerdings hier noch eine sehr untergeordnete Rolle spielen. Sichere Repräsentanten gehören als sehr seltene Erscheinungen erst der Oberregion des obern Silur an; in England sind solche Reste in den später zu erwähnenden Ludlowschichten spärlich gefunden worden, etwas häufiger kommen sie in den sogenannten Passage Beds vor, in den Übergangsschichten zwischen



Silurische Ostrakoden: 1. Aristozoe. — 2. Leperditia. — 3. Dieselbe, vergrößert. — 4 und 5. Beyrichia. — 6. Bolbozoe. Vgl. Text, S. 95 und 96.

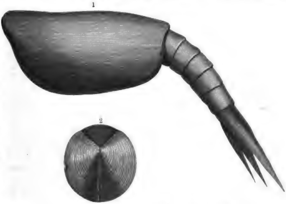
Silur und Devon, welche in der Regel noch zu der erstern Formation gerechnet werden. Die einzige Gegend, in welcher Fische in größerer Häufigkeit und Artenzahl im obersten Silur auftreten, ist die Insel Ösel in der Ostsee an der esthnischen Küste, von wo eine große Anzahl schöner Reste herrührt, die Pander beschrieben hat. Auf eine nähere Schilderung dieser Formen gehen wir hier nicht näher ein, sie bilden nur die Vorläufer der weit reichern Fischfauna der Devonformation, auf die wir später zu sprechen kommen werden.

Cirripedier: 1, 2. Plumulites (Turrilas), aus dem Silur. — 3, 4, 5. Einzelne Platten, vergrößert. — 6. Loricula, ein echter Cirripedier aus der Kreideformation, zum Vergleich. Vgl. Text, S. 96.

Überaus spärlich ist, was wir von der **Pflanzenwelt des Silur** wissen; es wird eine Anzahl von Meerespflanzen angeführt, namentlich Algen, deren Deutung aber allerdings zum großen Teile noch sehr im argen liegt. Ganz vereinzelt, als Seltenheiten ersten Ranges treten überaus dürftige Spuren von Landpflanzen auf, die zwar vermöge ihrer Erhaltung an sich sehr wenig Aufschluß über die Vegetation der damaligen Festländer geben, welche aber als die sichern Beweise für die Existenz einer silurischen Landflora von unschätzbarem Werte sind. Ihrem ganzen Charakter nach unterscheiden sie sich nur sehr wenig von jenen Formen, welche später im Devon und in außerordentlicher Entwickelung in der Kohlenformation uns begegnen. Die ganze paläozoische Zeit scheint im Gesamttypus ihrer Flora einen sehr gleichmäßigen Charakter besessen zu haben, dessen erste noch undeutliche Züge uns hier in silurischen Schichten entgegentreten.

Vereinzelte Reste der sogenannten Siegelbäume oder Sigillarien, mächtiger, blütenloser Gewächse, sogenannte Kryptogamen aus der Verwandtschaft unsrer kleinen Bärlappgewächse, die eigentümlichen keilförmigen Blätter von Sphenophyllum, die noch etwas rätselhafte Gattung Psilophyton, die dann im Devon größere Verbreitung erreicht: das sind die Formen, welche ganz vereinzelt im Untersilur Amerikas, etwas verbreiteter im Obersilur von Deutschland, England und Nordamerika vorkommen. Endlich wird noch ein sehr eigentümliches Farnkraut aus dem Untersilur Frankreichs genannt, das von Saporta unter dem Namen Eopteris Morieri beschrieben wurde; doch ist an der Richtigkeit dieser Bestimmung gezweifelt worden, indem man die sehr unregelmäßigen Blätter lediglich als unorganische, zufällig blattförmige Häutchen von Schwefelkies erklärte, welche sich einem Sprunge in dem Schiefergesteine entlang durch Infiltration gebildet haben.

Jedenfalls genügen die aufgefundenen Pflanzen, um zu beweisen, daß im Silur schon eine Landvegetation vorhanden war mit verhältnismäßig hoch entwickelten Gewächsen. Die neueste Zeit hat überdies Beweise geliefert, daß auch schon Landtiere existierten. In Schweden und in Schottland hat man Reste eines großen Skorpiones gefunden (Eophoneus nuntius), der durch Lindström und Torell beschrieben wurde. Noch weiter zurück geht ein von Ch. Brongniart mitgeteilter Fund eines Insektenflügels aus dem untern Silur Frankreichs, Palaeoblattina Douvillei, aus dessen Geäder auf ein Tier aus der Ordnung der Geradflügler oder Orthopteren und zwar nach dem Urteile Brauers auf ein solches aus der Verwandtschaft unsrer gemeinen Maulwurfsgrillen (Gryllotalpa) geschlossen werden kann.



1. Ceratiocaris. — 2. Peltocaris. Vgl. Text S. 96.

Wohl ist die Zahl der uns bekannten silurischen Landbewohner eine sehr geringe, aber so dürftig die Reste auch sein mögen, so beweisen sie doch mit Bestimmtheit, daß festes Land vorhanden und daß es bewohnt war. Wir können aber weiter noch schließen, daß sogar ein reiches tierisches und pflanzliches Leben geblüht haben muß; denn es wäre absolut widersinnig, anzunehmen, daß nur je eine Art von Insekten und von Skorpionen existiert habe. Im Gegenteile zeigt das Vorhandensein so hoch organisierter und differenzierter Formen, daß eine große Menge ähnlicher und andrer, tiefer stehender Tiere das feste Land bewohnt haben muß; ja, wir werden auch zu dem unabweisbaren Schlusse geführt, daß Kontinente und kontinentale Organismen nicht etwa erst im Silur begonnen haben, sondern schon in sehr viel früherer Zeit vorhanden gewesen seien.

Allerdings wollte man aus dem fast vollständigen Mangel an Formen des festen Landes schließen, daß das Meer als eine ununterbrochene Fläche die ganze Erdkugel in der Silurzeit bedeckt habe. Daß dies eine falsche Voraussetzung ist, daß das Auftreten von Thonschiefern, Sandsteinen, Konglomeraten ec. das Vorhandensein von festem Lande

voraussetzt, durch dessen Denudation das Sedimentmaterial geliefert wurde, ist schon früher hervorgehoben worden, und das thatsächliche Vorkommen von Landpflanzen und Tieren, so selten sie auch sein mögen, spricht ebenfalls in der deutlichsten Weise.

Wie dem aber auch sein mag, jedenfalls ist unsre Kenntnis dieser Vorkommnisse eine so verschwindend kleine, daß wir keine weitern Schlüsse ziehen können. Ganz anders verhält es sich bei den Meeresbewohnern: hier tritt uns das Bild eines kräftig pulsierenden Lebens entgegen, eine Menge von verschiedenen Typen, ein Reichtum an Arten, eine Häufigkeit der Individuen, die uns in Staunen versetzt. Noch sind sichere Repräsentanten der Fische sehr spärlich und auf die jüngsten Ablagerungen der Formation beschränkt, noch scheinen alle höhern Wirbeltiere zu fehlen, aber in der gesamten niedern Tierwelt ist die Fülle und Verschiedenartigkeit der Formen eine so große, daß sie in keiner der spätern Perioden mehr übertroffen wird, und wenn wir die Unvollständigkeit der geologischen Überlieferung berücksichtigen, so kommen wir zu dem Ergebnisse, daß auch die Jetztwelt sicher keinen größern Reichtum an niedern Meerestieren entwickelt.

An Zahl der Arten ist die Silurfauna den beiden folgenden, der devonischen und der karbonischen, bedeutend überlegen. Es könnte das wohl daher rühren, daß das Silur eine größere Anzahl aufeinander folgender geologischer Horizonte und Einzelfaunen enthält, aber wenn auch dieser Faktor mitwirken mag, so kann ihm doch nicht der ganze Betrag des Unterschiedes zugemessen werden. Einen sehr wesentlichen Anteil hat der Umstand, daß ein kleines Silurgebiet, die Silurfalte Böhmens, eine lange Reihe von Jahren hindurch von einem Forscher in einer Weise untersucht, ausgebeutet und beschrieben wurde, die geradezu einzig in der Geschichte der Geologie und Paläontologie dasteht. J. Barrande hat mehr als 40 Jahre hindurch ununterbrochen und unermüdet alle Lokalitäten aufgesucht, zahlreiche Sammler von Fossilien in seinem Solde beschäftigt, ja an besonders wichtigen Lokalitäten förmliche Steinbrüche eröffnet, um die Versteinerungen zu gewinnen. So strömten unermeßliche Schätze an silurischen Resten in den Händen des Mannes zusammen; ihre Beschreibung bildete seine Lebensaufgabe, der er mit einer Ausdauer nachkam, die Staunen erregt. 22 mächtige Quartbände mit 6000 Seiten Text und gegen 1200 lithographischen Tafeln enthalten die weitaus größere Hälfte der Fauna; und als der Tod den unermüdlichen Forscher in hohem Greisenalter von seiner Arbeit abrief, war auch der Rest des Werkes so weit gediehen, daß dessen Erscheinen sichergestellt ist.

So kommt es, daß der beschränkte Silurbezirk Böhmens fast die Hälfte aller bisher bekannten Arten dieser Formation geliefert hat; allerdings wirkt dabei der Umstand auch sehr erheblich mit, daß Barrande in der Trennung von Arten auf sehr geringfügige Unterschiede hin vielleicht weiter ging als irgend ein andrer Paläontolog. Jedenfalls sehen wir, daß die böhmischen Vorkommnisse für das Übergewicht der silurischen Arten über die devonischen und karbonischen ziemlich ausschlaggebend sind. Ohne die Anstrengungen Barrandes wäre die Silurfauna heute gewiß um mindestens 3000 Arten ärmer, und so ist es wesentlich ein rein äußerlicher, in der Persönlichkeit eines Forschers begründeter Faktor, nicht aber etwa ein Rückgang des organischen Lebens nach Schluß der Devonformation, dem die genannten Kontraste zuzuschreiben sind.

Wahrscheinlich ist eine andre Thatsache in der Verteilung paläozoischer Fossilien, welche auf den ersten Blick durchaus rätselhaft scheint, in ähnlicher Weise zu erklären. Wenn wir die geographische Verbreitung der einzelnen silurischen Fossilien vergleichen, so finden wir, daß dieselbe eine wenig ausgedehnte ist; so hat Böhmen nur eine verhältnismäßig sehr geringe Zahl von Formen mit Rußland, England, Schweden oder gar mit Nordamerika gemein. Auch die vier letztgenannten Länder sind in ihrer Faunenentwickelung, wenigstens was die einzelnen Arten betrifft, sehr selbständig, wenn auch vielfach nahe miteinander

verwandte, sogenannte stellvertretende Typen in den weit voneinander entfernten Gegenden vorkommen. Betrachten wir dagegen devonische Marinablagerungen, so sehen wir, daß sie selbst bei großer räumlicher Trennung doch in der Regel eine beträchtliche Zahl gemeinsamer Arten besitzen, und in noch höherm Grade ist dies bei der marinen Entwickelung der Kohlenformation, bei dem Kohlenkalke, der Fall, aus welchem selbst aus den entlegensten Weltgegenden immer wieder dieselben Formen citiert werden, während in späterer Zeit, z. B. in der Triasformation, wieder die scharf lokalisierten Typen in den Vordergrund treten.

Man hat mehrfach angenommen, daß es sich hier um wirkliche, tiefgreifende Verschiedenheiten in der geographischen Verbreitung der Organismen in den aufeinander folgenden Perioden handle, man dachte an das Vorhandensein gleichmäßigerer äußerer Verhältnisse während der Kohlenformation oder suchte eine analoge Erklärung. Es ist das wohl unrichtig und überflüssig; soweit man die Sache heute übersehen kann, liegt sie ganz einfach so: durch die Werke von Barrande und den ganz überwiegenden Einfluß, welchen dieselben auf die meisten Fachgenossen ausübten, hat sich bei der Bearbeitung silurischer Faunen sehr allgemein die Gewohnheit entwickelt, die Arten sehr „eng zu fassen", d. h. Formen schon auf sehr geringe, nur eben noch merkbare Unterschiede hin als selbständige Arten zu trennen. Dagegen hat sich zufällig unter der Einwirkung andrer Forscher bei den Monographen der devonischen und der Kohlenformation gerade entgegengesetzt eine extrem weite Speziesfassung eingebürgert, und selbst leicht unterscheidbare und durch deutliche Merkmale voneinander abweichende Formen werden unter demselben Namen angeführt, wenn sie nur in ihrem Gesamttypus, in einigen fundamentalen Charakteren miteinander übereinstimmen. So kommt es, daß man aus dem Silur Formen als verschiedene, wenn auch stellvertretende Arten entlegener Regionen beschreibt, die, im Kohlenkalke gefunden, sicher als rein lokale Variationen einer und derselben Art betrachtet worden wären. Solchen Fehlerquellen gegenüber wäre es wohl sehr gewagt, eine wirkliche Verschiedenheit in der Größe der geographischen Verbreitungsbezirke während der einzelnen Phasen der paläozoischen Zeit anzunehmen. Es zeigt uns aber dieses Verhältnis auch, wie überaus gefährlich und mißlich es bei so ungleichartiger Behandlung der paläontologischen Artfassung ist, aus den Zahlen der in verschiedenen Ablagerungen vorkommenden Spezies auf statistischem Wege Schlüsse abzuleiten.

Verschiedene Typen des Silur.

Die Verbreitung der silurischen Ablagerungen ist eine überaus große, sie treten in den verschiedensten, weit voneinander entfernten Gegenden auf und sind bei aller Verschiedenheit im einzelnen doch am gesamten Charakter ihrer Fauna stets leicht zu erkennen. In Europa bedecken sie namentlich in den nördlicher gelegenen Gegenden sehr große Flächen, die britischen Inseln, Skandinavien, Rußland bieten eine außerordentliche Mannigfaltigkeit silurischer Bildungen, welche durch viele analoge Züge miteinander verbunden sind, und ihnen schließen sich auch die weiter südlich gelegenen Vorkommnisse in Thüringen und im Fichtelgebirge sowie im östlichen Galizien und den angrenzenden Teilen von Russisch-Polen, namentlich an den Ufern des Dnjestr, an. Allein nicht alles europäische Silur ist nach diesem Typus entwickelt; im Zentrum Böhmens tritt uns dieselbe Formation, zwar räumlich beschränkt und wenig mächtig, aber dafür mit unglaublichem Fossilreichtume, entgegen; und wenn wir die hier gefundenen Reste mit jenen der nördlichen Region vergleichen, so finden wir einen ziemlich bedeutenden Gegensatz und große Verschiedenheit der Arten. Dagegen schließen sich die Ablagerungen in den Alpen, auf der Insel Sardinien,

in Frankreich und auf der Pyrenäischen Halbinsel jenen Böhmens aufs innigste an, so daß wir in Europa, wie Barrande gezeigt hat, zwei verschiedene geographische Provinzen der Silurentwickelung unterscheiden können.

Silurische Ablagerungen bedecken weite Flächen von Sibirien und China, in geringerer Ausdehnung sind sie auch im Himalaja nachgewiesen, dagegen ist Afrika außerordentlich arm. Man kennt bisher nur aus Marokko trilobiten- und orthocerenführende Ablagerungen in einiger Ausdehnung; natürlich ist es bei unsrer geringen Kenntnis des schwarzen Kontinentes sehr wohl möglich, daß mit der Zeit noch Silur gefunden werde, aber so viel scheint heute schon sicher, daß es keinen namhaften Teil an dem Baue der Oberfläche hat. Ganz außerordentliche Ausdehnung gewinnt dagegen das Silur in Nordamerika, von den eisigen Inseln der Polarregion bis Mexiko nimmt es ungeheuern Flächenraum ein, es tritt in enormer Mächtigkeit und mit außerordentlichem Fossilreichtume auf, ja vermutlich kann sich keine andre Gegend der Welt, was die Entwickelung des Silur betrifft, mit dieser messen. Weit ärmer ist dagegen Südamerika, wo nur von wenigen Punkten in den argentinisch-chilenischen und bolivianischen Anden hierher gehörige Fossilien bekannt sind. Endlich sind in Australien beträchtliche Strecken der Oberfläche von Neusüdwales aus silurischen Ablagerungen gebildet.

Wenn wir diese außereuropäischen Bildungen mit denjenigen unsers Erdteiles vergleichen, so kommen wir zu einem auffallenden Resultate. Der Typus der sogenannten europäischen Südzone, wie er in Böhmen am besten ausgeprägt ist, hat sich bis jetzt nirgends wiedergefunden, dagegen schließen sich jene exotischen Vorkommnisse, soweit sie bekannt sind, der englisch-skandinavischen Entwickelung an. Das gilt in erster Linie und am auffallendsten von Nordamerika, aber auch die südamerikanischen, chinesischen und australischen Fossilien finden hier ihre nächsten Vergleichspunkte.

Es stellt sich ganz natürlich die Frage ein, worin die Ursachen dieser Verschiedenheit der zweierlei Ausbildungsarten gelegen sind. Wenn man Europa allein ins Auge faßt, so wird durch den Gegensatz der Verbreitung, dadurch, daß die einen Ablagerungen den Norden, die andern den Süden des Erdteiles einnehmen, die Vermutung nahegelegt, daß es sich um klimatische Verschiedenheiten handle, und in der That hat auch diese Ansicht Vertreter gefunden. Allerdings ist derselben die lokale Verbreitung des böhmischen, die allgemeine des nordeuropäischen Typus sehr wenig günstig, wenn auch dadurch das Gegenteil nicht mit Sicherheit bewiesen wird. Es bleibt immer noch die Möglichkeit übrig, daß die Vorkommnisse in England, Skandinavien, Rußland, China und Nordamerika einer zusammenhängenden Nordzone, diejenigen in Chile und dem südlichen Australien einem antarktischen Verbreitungsgebiete angehören, während diejenigen in Böhmen, den Alpen, Sardinien, Frankreich, Spanien und Portugal als die nördlichsten einer äquatorialen Zone gelten müßten. Eine Bestätigung für diese Auffassung wäre es, wenn man Silurablagerungen von böhmischem Typus an einzelnen Punkten des äquatorialen Gebietes finden würde; vorläufig aber ist es wahrscheinlicher, daß wir es mit Unterschieden zu thun haben, welche durch Ablagerung in verschiedenen, nur in unvollkommener Verbindung stehenden Meeresbecken bedingt werden.

Der Umstand, daß es nicht möglich ist, über den Charakter der Faunen in den äquatorialen Regionen Auskunft zu geben, hängt mit einer sehr merkwürdigen Erscheinung in dem Auftreten und der Verbreitung silurischer Bildungen zusammen: bis heute scheinen dieselben nämlich allen äquatorialen Regionen zu fehlen, aus dem ungeheuern Raume zwischen dem 20.° nördlicher und dem 20.° südlicher Breite ist kein silurisches Fossil bekannt, mit einer einzigen sehr unbedeutenden Ausnahme, indem nämlich die bolivianischen Silurablagerungen etwa bis zum 18.° südlicher Breite nach Norden reichen.

Wenn man die silurischen Ablagerungen verschiedener Gegenden und den Charakter ihrer Fauna ins Auge faßt, so lassen sich wenigstens in rohen Umrissen mit Leichtigkeit zwei verschiedene Abteilungen, das Untersilur und das Obersilur, voneinander unterscheiden. Wohl gibt es mannigfache Zwischenglieder, und namentlich in England wird es infolgedessen außerordentlich schwierig, eine scharfe Grenze zu ziehen; aber mögen auch einzelne vermittelnde Bildungen in der Schwebe bleiben, so läßt sich doch für die große Mehrzahl der Vorkommnisse die Zweiteilung sehr leicht durchführen.

Das untere Silur ist in erster Linie durch seine Trilobiten ausgezeichnet, unter denen die schon früher genannten Gattungen Asaphus, Ogygia, Illaenus, Trinucleus und einige andre ganz oder größtenteils auf diese Abteilung beschränkt sind. Zu ihnen gesellen sich noch Lituites und Endoceras unter den Cephalopoden, Porambonites und Orthisina unter den Brachiopoden, endlich sind unter den Stachelhäutern die Cystideen hier weitaus am stärksten, die Krinoiden verhältnismäßig schwach repräsentiert. Im Obersilur sind unter den Trilobiten Bronteus, Phacops, Proëtus, Acidaspis, Calymene und Lichas am häufigsten; unter den sehr zahlreichen Cephalopoden bilden namentlich die Gattungen Gomphoceras und Phragmoceras charakteristische Typen dieser Stufe; unter den Brachiopoden ist das erste Vorkommen der Gattung Spirifer zu erwähnen; von Muscheln ist Cardiola interrupta eine sehr weit verbreitete Leitform; bei den Echinodermen ist das Zurücktreten der Cystideen und das starke Überwiegen der Krinoiden hervorzuheben.

Beispiele der silurischen Entwickelung.

Die erste Kenntnis der silurischen Ablagerungen ist gleich jener der kambrischen Formation von England ausgegangen, und wir verdanken dieselbe wesentlich den ursprünglich vereinigten, später sich bekämpfenden Arbeiten und Anstrengungen der beiden Forscher Sedgwick und Murchison. Namentlich der letztere hat durch sein großes Werk über die Siluria und durch die Anregung, welche von ihm ausging, sehr viel für das Verständnis jener alten Ablagerungen auch in andern Gegenden gethan; und mit Recht wird seither die Ausbildung des Silur, wie sie uns in England und namentlich in Wales entgegentritt, als der Typus der Formation behandelt.

Abgesehen von sehr verwickelten Lagerungsverhältnissen, erschweren jedoch äußere Umstände das Studium der englischen Verhältnisse und die Anwendung der dortigen Gliederung in hohem Grade. Sedgwick und Murchison nahmen das Studium der altpaläozoischen Ablagerungen ungefähr gleichzeitig in Angriff, jeder von ihnen stellte sein eignes System auf, und über die formelle Berechtigung beider sowie über eine ziemliche Anzahl sachlicher Differenzen entspann sich eine heftige Polemik zwischen den beiden Rivalen und ihren Anhängern. Nach längerm Schwanken schien eine Zeitlang die Auffassung von Murchison zu triumphieren, der dem Silur eine sehr große Ausdehnung geben und dafür die kambrische Formation auf ein Minimum reduzieren wollte[1]. In neuerer Zeit aber hat die

---

[1] Die Unterschiede zwischen den wichtigsten Einteilungen sind folgende:

Hier angewendete Einteilung:	Einteilung von Sedgwick:	Einteilung von Murchison:	Einteilung von Lapworth:
Obersilur.	Silur.	Obersilur.	Silur.
Untersilur.	Oberkambrisch.	Untersilur.	Ordovicisch.
Oberkambrisch.	Unterkambrisch.	Untersilur.	Kambrisch.
Unterkambrisch.	Unterkambrisch.	Kambrisch.	Kambrisch.

Dazu gesellen sich noch zahlreiche untergeordnete Varianten.

Cambridger Geologenschule, deren Haupt Sedgwick war, wieder energisch ihre Einteilung vertreten, außerdem ist im Laufe der Zeit eine ganze Menge von Vermittelungsvorschlägen und Einteilungen gemacht worden, welche in diesem oder jenem Punkte Neuerungen einführten, und so kommt es, daß heute in den Systemen der englischen Autoren geradezu eine chaotische Verwirrung herrscht, welche sich teilweise in den Schriften der kontinentalen Autoren widerspiegelt. Wenn man heute einen englischen Aufsatz über Silurablagerungen in die Hand nimmt, so gehört zunächst ein genaues Studium dazu, um sich über die in demselben gebrauchte Einteilung zu orientieren und sie mit denjenigen andrer Bücher in Einklang zu bringen.

Zum Glücke ist jetzt die Aufeinanderfolge der einzelnen Horizonte in den Hauptzügen festgestellt, und wir können die Ausfechtung von Einzelheiten und formellen Streitfragen, die überdies großenteils nur von lokalem Interesse sind, den englischen Geologen überlassen. Wir folgen hier der von Lyell vorgeschlagenen Gruppierung, welche jetzt in deutschen Schriften vielfach angenommen wird. Doch mußten die vorhandenen Schwierigkeiten erwähnt werden, um vor Mißverständnissen beim Vergleiche unsrer Darstellung mit derjenigen in andern Werken zu warnen.

In den typischen Regionen des westlichen England und in Wales[1] besteht das untere Silur aus einer 2000—3000 m mächtigen Ablagerung von Sandsteinen und Schiefern, denen nur untergeordnete Bänke von Kalk eingeschaltet sind. Ihre Lage in jenen zum Teile sehr gebirgigen Gegenden ist eine stark gestörte und verwickelte, und gleichzeitig mit ihrer Bildung fanden gewaltige vulkanische Ausbrüche von Diabas- und Porphyrgestein statt, welche bald in unregelmäßigen Massen, bald als regelmäßige Decken sich den Schichtgesteinen beimengen und das Material zu sehr ausgedehnten sedimentären Tuffen liefern.

Die tiefsten Horizonte des Untersilur, die sogenannten Arenigbildungen, liegen, wenigstens an manchen Punkten, in ungleichmäßiger, diskordanter, Lagerung über den kambrischen Gesteinen, sie beginnen oft mit einer Brandungsbildung, mit Konglomeraten, über welchen Sandsteine und noch höher Schiefer folgen. Es läßt sich daraus auf bedeutende Umwälzungen, auf Gebirgsbildung, auf Veränderungen im Verhältnisse zwischen Land und Meer schließen, welche hier auf der Grenze zwischen kambrischer und silurischer Zeit stattgefunden haben. Aber man darf diese Erscheinung nicht als einen Beweis ansehen, daß hier etwa eine besonders scharfe, gleichsam von der Natur selbst gezogene Grenze vorhanden sei, es kommen ähnliche Störungen noch mehrfach innerhalb der silurischen Schichten selber vor, und eine allerdings nicht sehr bedeutende Zahl von Arten (16) setzt sich unverändert aus der kambrischen Tremadocgruppe in das silurische Arenig fort. Auch darin läßt sich eine gewisse Ähnlichkeit mit kambrischen Bildungen nicht verkennen, daß die Trilobiten noch die artenreichste Gruppe darstellen, und daß Cephalopoden und Muscheln sehr stark zurücktreten. Einen sehr bedeutenden Anteil an der Zusammensetzung der Fauna haben die Graptolithen, welche an Artenzahl sehr wenig hinter den Trilobiten zurückstehen.

---

[1] Folgendes ist die Reihenfolge der silurischen Ablagerungen in Wales nach der gebräuchlichsten Bezeichnungsweise:

Passage Beds, Übergangsschichten gegen die Devonformation.
Obere Ludlowgruppe.
Aimestrykalk.
Untere Ludlowgruppe.
Wenlockgruppe.
(Grenze zwischen Unter- und Obersilur nach Barrande.)
Obere Llandoverygruppe.
(Grenze zwischen Unter- und Obersilur nach Murchison 2c.)
Untere Llandoverygruppe.
(Grenze zwischen Silur und Cambrium nach Sedgwick 2c.)
Bala- oder Caradocgruppe.
Llandeilogruppe.
Areniggruppe.

Die weit mächtigern Ablagerungen der Llandeilo- und der Caradoc- oder Balagruppe, welche über dem Arenig folgen und hauptsächlich aus Schiefern mit untergeordneten Sandsteinen und Kalken bestehen, sind ganz besonders durch das massenhafte Auftreten von Eruptivgesteinen ausgezeichnet, welche ihnen eingeschaltet sind oder sie durchsetzen. Wir müssen uns Westengland und Wales in der Vorzeit etwa so vorstellen wie heute die vulkanischen Regionen von Sizilien und seiner Umgebung. Eine große Menge von unterseeischen Vulkanen ergoß ihre Laven und Asche, die im Meerwasser zu einem schichtweise sich absetzenden Schlamme wurden. Eine Anzahl solcher Eruptionspunkte baute mächtige Krater auf, die sich bis über den Meeresspiegel erhoben und vielleicht mit so gewaltigen Riesenkegeln den silurischen Ozean überragten wie heute der Ätna die blauen Fluten des Jonischen Meeres, und einige der bedeutendsten Berge von Wales, der Cader Idris, Aran Mowddwy und andre, scheinen nichts andres zu sein als die durch Denudation bloßgelegten Kerne jener silurischen Feuerberge.

Llandeilo und Bala (Caradoc) bilden die Hauptentwickelung des englischen Untersilur, sie zeigen die blühendste Entfaltung der damaligen Organismenwelt und enthalten in der ganzen britischen Area über 700 verschiedene Arten, also nicht viel weniger als die Hälfte der ganzen englischen Silurfauna. Trilobiten der verschiedensten Art, Cephalopoden, Muscheln, Schnecken, Brachiopoden, Echinodermen, Graptolithen treten in reicher Menge auf, und auch die Korallen, welche bisher nur ganz untergeordnet vorgekommen waren, finden sich zum erstenmal in ansehnlicher Zahl ein.

Über der Caradoc- oder Balagruppe folgen die untern und obern Llandoveryschichten, und damit betreten wir das Gebiet, welches von den einen zum untern, von den andern zum obern Silur gerechnet wird. So uninteressant und gleichgültig an sich eine solche Grenzfrage und ihre Lösung ist, so müssen wir doch die Verhältnisse, wie sie hier liegen, etwas näher ins Auge fassen, da uns deren Kenntnis zur Entscheidung einer schwierigen theoretischen Frage unerläßlich ist, die in geologischen Kreisen das größte Aufsehen erregt hat.

In paläontologischer Beziehung herrscht in England eine durchaus kontinuierliche und ununterbrochene Entwickelung vom untern zum obern Silur, und das ist für die Beurteilung aller Verhältnisse weitaus der wichtigste Punkt. Nach den neuesten Zusammenstellungen von Etheridge gehen von 614 Arten der Balagruppe nicht weniger als 103 in die untern, 107 in die obern Llandoveryschichten über, und eine immer noch beträchtliche Zahl erstreckt sich in noch höhere Silurabteilungen; die beiden Abteilungen der Llandoverygruppe haben 104 Arten miteinander gemein, und von den 261 Arten der obern Llandoveryschichten finden sich 126 in den über ihnen folgenden, unbestritten obersilurischen Wenlockablagerungen wieder. In der Trilobitenfauna der Llandoverygruppe treten charakteristische Typen des Untersilur, wie Illaenus, Encrinurus und Trinucleus, stark hervor, so daß ein so ausgezeichneter Kenner der ältesten Ablagerungen wie Barrande sie unbedingt in die ältere Abteilung verweist, während in andrer Richtung und namentlich bei den Graptolithen das obersilurische Element vorzuwiegen scheint.

In der Lagerung treten großartige Diskordanzen zwischen der Bala- und der untern Llandoverygruppe und ebenso zwischen dieser und der obern Llandoverygruppe auf, während die letztere von den entschieden obersilurischen Wenlockschichten gleichmäßig überlagert wird.

Es sind das die thatsächlichen Verhältnisse, und auf diese allein kommt es hier an. Ob man die Grenze mit Sedgwick und seinen Anhängern unter oder mit Murchison über der untern Llandoverygruppe oder endlich mit Barrande zwischen oberm Llandovery und Wenlock ziehen will, ist von mehr lokalem Interesse, und eine Abwägung der für und wider sprechenden Gründe, die bei dem Zustande der Litteratur eine sehr weitläufige Auseinandersetzung erfordern würde, kann hier nicht unsre Aufgabe sein.

Die höhern Silurbildungen, deren Gliederung auf S. 104 (Anmerkung) mitgeteilt ist, zeigen in verschiedenen Teilen von Wales eine ungleichmäßige Entwickelung; in der einen Region bestehen sie vorwiegend aus Schiefern, in andern treten neben diesen vorwiegend Kalke auf. Doch würde es kaum dem Zwecke dieses Buches entsprechen, auf Einzelheiten in dieser Richtung einzugehen. Die untere Abteilung, die Wenlockstufe, besteht in der Regel zu unterst aus Schiefern mit Kalkeinlagerungen, gegen oben treten die Kalke mehr hervor, stellenweise finden sich massenhafte Anhäufungen von Korallen, ja wirkliche Riffbildungen, während an andern Punkten in dünnen Kalkschichten zahllose wohlerhaltene Versteinerungen, Reste von Trilobiten, Brachiopoden, Korallen, Echinodermen ꝛc., so dicht gedrängt

Dudleyplatte.

beisammenliegen, daß die ganze Schichtfläche vollständig davon bedeckt ist. Es sind das die berühmten Dudleyplatten (s. obenstehende Abbildung), die schon bei den Sammlern des vorigen Jahrhunderts in sehr hohem Ansehen standen und noch heute stets neue Schätze liefern, wenn auch nicht mehr so ergiebig wie früher, als das Beste noch nicht aufgelesen und fortgetragen war.

Über den Wenlockschichten folgen die cephalopodenreichen Ludlowschiefer, welche durch die Einlagerung des durch massenhafte Brachiopodenführung ausgezeichneten Aymestrykalkes in eine obere und eine untere Abteilung geschieden werden. Als besonders bemerkenswert ist eine sehr dünne, oft nur 1 Zoll mächtige Schicht mit Resten der großen Eurypteriden und einiger Fische; es ist das die oberste Grenze der silurischen Bildungen, darüber folgen die Schichten der Devonformation.

In andern Teilen der britischen Inseln treten abweichende Ausbildungsformen des Silur auf; in einem Teile von Schottland ist fast die ganze Formation durch Schiefer gebildet, in welchem fast nur Graptolithen sich in großer Menge finden. Gerade diese

Digitized by Google

Vorkommnisse sind es, welche Lapworth das Hauptmaterial zu dem bemerkenswerten Versuche geliefert haben, eine auf das Vorkommen der Graptolithen gegründete Zonengliederung zu versuchen, ein Unternehmen, das bis jetzt wenigstens insofern von außerordentlichem Erfolge gekrönt ist, als die Untersuchungen von Tullberg eine geradezu wunderbare Übereinstimmung der einzelnen Zonen im Cambrium und Silur des südlichsten Schweden (Schonen) mit jenen in England und Schottland ergeben haben. Auch andre Gegenden weisen schon heute eine Reihe von Zügen auf, welche es wahrscheinlich machen, daß eine ähnliche Zonengliederung sich noch weiterhin durchführen lassen wird. Es wird ein außerordentlicher Fortschritt im Verständnisse des Silur und seiner Faunen sein, wenn eine solche Einteilung allgemein oder wenigstens auf die Mehrzahl der Gegenden wird angewendet werden können. Erst dann wird man anfangen, die Geschichte der Tierwelt für jenen Zeitraum zu begreifen, aber vorläufig liegen noch sehr bedeutende Schwierigkeiten vor[1] und ist noch sehr viel Mühe und Arbeit nötig, ehe dieses im höchsten Grade wünschenswerte Ziel erreicht ist[2].

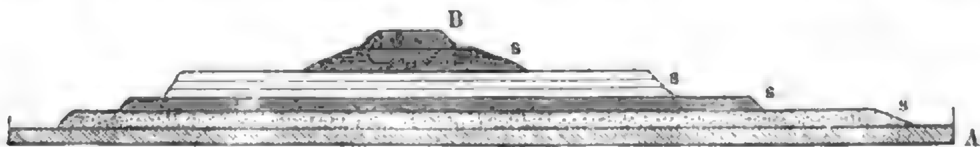
Ehe wir jedoch die britischen Inseln verlassen, müssen wir noch einer sehr merkwürdigen Erscheinung gedenken, welche im südwestlichen Schottland bei Corswall in Wigtonshire und bei Carrick in Ayrshire zu beobachten ist; hier treten mitten in den feinkörnigen silurischen Schiefern vereinzelte Trümmer und Blöcke von Granit und Gneiß von wenigen Zentimetern bis zu 3 m im Durchmesser auf. Woher sie stammen mögen, läßt sich wohl kaum mehr entscheiden; in der Nähe sind keine Vorkommnisse dieser Gesteine vorhanden, von welchen sie hergeleitet werden könnten; den nächsten Punkt, an welchem sich solche finden, stellen die Ufer der Hebridischen Inseln dar. Mag nun auch durch Denudation oder durch tektonische Störungen manches verschwunden sein, was früher vorhanden war, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß diese Trümmer auf irgend welche Weise aus einer gewissen Entfernung her gelangt sein müssen, und es entsteht nun die Frage, auf welchem Wege dies geschehen ist. Einfach durch das Wasser hergerollt können sie natürlich nicht sein, denn wo das Meer so ruhig war, daß das feine Schlammmaterial der Schiefer niedersinkt, konnte es selbstverständlich Massen von einigen Zentnern Gewicht nicht von der Stelle bewegen. Auch an vulkanische Auswürflinge oder an Verschleppung durch eine plötzliche Erdbebenwoge ist in diesem Falle nicht zu denken. Plausibler ist die Erklärung, welche einen Transport durch Treibholz annimmt; große Flüsse führen bei Hochwasser oft ganze Bäume ins Meer, und diese tragen bisweilen zwischen ihren Wurzeln eingeklemmte Steine, welche auf diese Weise ins Meer hinausgebracht und durch dessen Strömungen auf außerordentliche Entfernungen verfrachtet werden. Es ist z. B. seit Darwins Reise um die Erde bekannt, daß nicht allzu selten solche Fremdlinge auf die Koralleninseln mitten im Stillen Ozeane gelangen; ja, für die Bewohner der Atolle ist das der einzige Weg, auf dem sie härtere Steine, als der Korallenkalk ist, zur Herstellung ihrer Waffen und Werkzeuge erhalten, und sie suchen sie hier als große Kostbarkeiten auf und thaten dies noch eifriger, ehe sie durch den Verkehr mit den Europäern Eisen bekamen. Allein auch eine derartige Erklärung bietet für die fremden Blöcke im schottischen Silur kaum übersteigbare Schwierigkeiten, nicht nur wegen ihrer zu großen Menge, sondern auch darum, weil es sehr mißlich ist, der Verschleppung durch Bäume große Wirkung

[1] Die Hauptschwierigkeit in dieser Richtung bietet vorläufig Böhmen, wo die Etage E_1 alle obersilurischen Graptolithenfaunen enthalten soll und E_2, das mit dem Wenlockkalke sehr nahe verwandt ist, sowie die Graptolithenfauna von F_2 in der Luft schweben.

[2] Um eine Vorstellung von dem Reichtume paläontologischer Gliederung in den ältesten Ablagerungen zu geben, genügt die Angabe, daß Tullberg in den oberkambrischen und silurischen Bildungen Schonens über 70 verschiedene Zonen unterscheiden konnte.

in einer Formation zuzuschreiben, in welcher das Vorkommen von Landpflanzen zu den allergrößten Seltenheiten gehört. In größerm Maße werden Steine und Felsblöcke nur durch schwimmendes Eis transportiert, wie das früher gezeigt wurde (vgl. Bd. I, S. 525), und sowenig wir für den Augenblick ein wirklich sicheres Urteil fällen können, so ist doch die Zurückführung auf derartige Vorgänge die einzige Möglichkeit, welche sich nach dem heutigen Stande unsrer Kenntnisse für eine Erklärung bietet. In der That hat Ramsay die Ansicht geäußert, daß die fremden Blöcke im schottischen Silur durch schwimmende Eismassen hergebracht worden seien, und wir werden dieselbe wenigstens nicht unbedingt ablehnen können, wenn auch die Annahme einer förmlichen silurischen Eiszeit etwas kühn ist. Jedenfalls sind solche Vorkommnisse von außerordentlicher Wichtigkeit der vielfach verbreiteten Hypothese gegenüber, daß in der Vorzeit über die ganze Erde vom Äquator bis zu den Polen ein gleichmäßiges warmes Klima geherrscht habe. Wir gehen hier nicht weiter auf diesen Gegenstand ein, wir werden im Verlaufe der Darstellung sorgfältig die Thatsachen sammeln, welche auf diese überaus wichtige Frage Bezug haben, und dann die Klimate früherer Perioden im Zusammenhange besprechen.

In Norwegen, dessen weitverbreitete silurische Ablagerungen mit jenen Schwedens der Hauptsache nach übereinstimmen, und wo vor allem als eine höchst merkwürdige Er-



Profil des Berges Kinnekulle am Wenersee in Schweden: A Gneiß — B Decke von Eruptivgestein — s s s s Silurablagerungen.

scheinung in der Umgebung von Bergen die früher geschilderten kristallinischen Schiefer mit Trilobiten und andern Versteinerungen vorkommen (vgl. Bd. I, S. 619), ist die Lagerung dieser Gebilde ähnlich wie in England gestört und aufgerichtet. Wenn wir uns aber von da nach Osten wenden, nach dem südlichen Schweden und Rußland, so treffen wir auf einen auffallenden Gegensatz: in vollkommen horizontalen Schichten ruhen hier die alten paläozoischen Schichten der kambrischen und silurischen Formation auf dem Grundgebirge, keine Aufrichtung, keine Faltung hat seit weit entlegener Urzeit jene Gegenden betroffen. In Schweden setzen diese silurischen Schichten große Teile der Provinzen Dalekarlien, Jemtland, Ost- und Westgotland, Schonen, ferner die Inseln Gotland und Ösel zusammen; bald decken sie große Flächen, bald treten sie nur als isolierte Denudationsreste ehemals weit ausgedehnter Ablagerungen in einzelnen burgähnlichen Tafelbergen wie die Kinnekulle am Wenersee auf, deren oberste Teile durch eine Decke von festen, widerstandskräftigen Eruptivgesteinen gebildet ist (s. obenstehende Abbildung).

Im Untersilur, das namentlich auf dem Festlande und auf der Insel Ösel sehr entwickelt ist, begegnet uns hier zum erstenmal ein sehr bezeichnendes, auch in Rußland und Nordamerika weitverbreitetes Glied, der sogenannte Orthocerenkalk oder Vaginatenkalk, welcher, abgesehen von dem Vorkommen von Trilobiten, Echinodermen ꝛc., vor allem durch die massenhaften Orthoceren mit außerordentlich großem, ganz am Rande gelegenem Sipho (Untergattung Endoceras oder Gruppe der Vaginati, vgl. oben, S. 90) ausgezeichnet ist. Der Orthocerenkalk tritt im untern Teile des Untersilur, nahe über der obern Grenze der kambrischen Formation auf, er scheint aber keinen ganz festen Horizont, sondern eine spezielle Entwickelungsart zu bilden, die bald in etwas höheres, bald in etwas tieferes Niveau reicht. Im allgemeinen sind in Schweden Kalke und Graptolithenschiefer die herrschenden Gesteine, von welchen die erstern in den nördlichern Partien, die letztern im südlichsten Teile, in

Schonen, vorherrschen. Auch das Obersilur ist hier hauptsächlich durch Trilobitenschiefer vertreten, während auf der Insel Gotland Kalke vom Alter der englischen Wenlockschichten einstellen mit einer prachtvollen und ausgezeichnet erhaltenen Fauna, in welcher vor allem Korallen und Krinoiden durch ihre wunderbare Fülle und Schönheit hervorleuchten. Gotland zeigt uns vielleicht das schönste Korallenriff der paläozoischen Periode, dessen Fauna jetzt durch die trefflichen Arbeiten der schwedischen Forscher, namentlich von Angelin und Lindström, sehr gut bekannt ist.

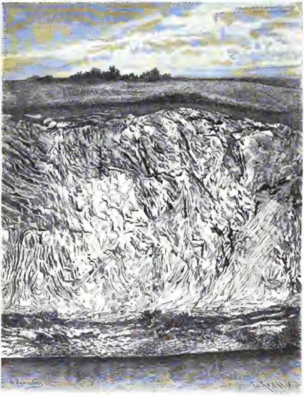
Das Silur der russischen Ostseeprovinzen ist mit dem schwedischen in Gliederung und Fauna und vielfach auch im Gesteinscharakter einzelner Bänke und Horizonte nahe verwandt. Fast die ganze Schichtfolge besteht aus Kalken, welche zum größten Teile reich an Versteinerungen sind. Auf der Grenze zwischen kambrischen und silurischen Schichten liegen jene Glaukonitsande und -Kalke, welche die schon besprochenen Konodonten geliefert haben, dann folgen Orthocerenkalke wie in Schweden und darüber eine Reihe von Kalkablagerungen, welche eine sehr reiche untersilurische Fauna von Trilobiten, Brachiopoden, Cystideen und Korallen enthalten. Unter den ebenfalls fossilreichen obersilurischen Bildungen sind namentlich die Kalke der Insel Ösel bemerkenswert, welche den jüngsten Horizont bilden und den englischen Ludlowbildungen entsprechen. Sie zeichnen sich vor allem durch ihren Reichtum an Resten der prachtvollen großen Eurypteriden und durch das Vorkommen verhältnismäßig zahlreicher Fischreste aus und übertreffen in dieser Beziehung alle andern Silurablagerungen, die bisher bekannt geworden sind.

Die Kenntnis der skandinavischen und baltischen Ablagerungen von silurischem und kambrischem Alter sind von ganz besonderer Wichtigkeit für das Verständnis der norddeutschen Ebene und ihrer Bildungen. Während der diluvialen Eiszeit waren sowohl Skandinavien als die Ostseeprovinzen total vereist, wie heute das Innere von Grönland; ungeheure Massen von Gletschereis bewegten sich von Schweden und Norwegen über das seichte Becken der Ostsee, über Skagerrak und Kattegat und über Dänemark nach dem nördlichen Deutschland und vereinigten sich hier mit den von Nordosten kommenden Eisströmen der russischen Ostseeprovinzen. Von beiden Seiten brachten die Gletscher auch massenhafte Steintrümmer und Blöcke mit, die als Moränen abgelagert wurden und beim Abschmelzen und dem Verschwinden jener Eismassen zurückblieben und nun in unzählbarer Menge über die ganze norddeutsche Ebene verstreut liegen. Zu den häufigsten Vorkommnissen dieser „nordischen Geschiebe" gehören kambrische und silurische Gesteine aus Skandinavien und den baltischen Provinzen, und durch genaues Studium der Gesteine und der Fossilien ist es gelungen, für den größern Teil dieser Fremdlinge den Ursprungsort, von welchem sie hergebracht wurden, mit Sicherheit zu bestimmen und so mittelbar die Wege der diluvialen Gletscherzüge wenigstens einigermaßen festzustellen.

Mit dem baltischen Silur, an welches sich dasjenige der podolischen Dnjestrregion sehr innig anschließt, schließen wir die Betrachtung der europäischen Nordzone ab und wenden uns den weiter südlich gelegenen Regionen zu, unter denen allerdings nur die Vorkommnisse in Böhmen von größerer Bedeutung sind. Wohl nimmt dieses in räumlicher Beziehung unter allen bedeutendern silurischen Territorien den letzten Rang ein, auch ist die Gliederung durchaus keine reiche und die Gesteinsmächtigkeit verhältnismäßig nicht groß; dafür begegnen wir aber hier einem Fossilreichtume, der wenigstens bis jetzt durchaus unerreicht dasteht. Die Reichhaltigkeit der Gesteine ist in der That eine ganz außerordentliche, und namentlich im obern Silur fällt es an vielen Lokalitäten leicht, in kurzer Zeit eine Menge schöner Exemplare zu sammeln. Die ganze Fauna dürfte gegen 4000 verschiedene Formen umfassen, und einen Begriff von der unglaublichen Reichhaltigkeit einzelner Horizonte mag es geben, wenn wir hören, daß das eine obersilurische Niveau E_2 nicht

weniger als 103 verschiedene Krustaceen, 777 Cephalopoden, 767 Muscheln und 293 Brachiopoden enthält; dazu kommen noch zahlreiche Schnecken, Korallen und Krinoiden, so daß sich für dieses einzige Niveau auf kleinem Flächenraume die geradezu beispiellose Menge von nahezu 2500 verschiedenen Formen ergibt.

Die silurischen Ablagerungen Böhmens nehmen nur einen sehr beschränkten Raum ein: sie bilden eine von Südwesten nach Nordosten gerichtete Ellipse, deren Zentrum jedoch von unterdevonischen Ablagerungen eingenommen wird, und von welcher überdies noch einige Teile von vollständig diskordant gelagerten, übergreifenden Schichten der Kohlenformation und der obern Kreide verdeckt werden. Die Lagerung ist eine sehr stark gestörte, die Schichten sind aufgerichtet, gefaltet und gebogen und fallen, abgesehen von untergeordneten, wenn auch teilweise recht beträchtlichen Abweichungen, von allen Seiten nach der Mitte zu ein, so daß man also, von den Rändern nach innen vorschreitend, auf immer jüngere Bildungen stößt und die einzelnen Horizonte der Hauptsache nach konzentrische Ringe bilden (s. Abbildungen, S. 110 und 111). Wir haben es mit einer synklinalen Falte oder, richtiger gesagt, mit einer Mulde zu thun, nur darf man nicht an eine durch die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse bedingte Muldenbildung denken, welche durch allmähliche Ausfüllung eines natürlichen Beckens mit Sediment entstanden wäre. Man hat es im Gegenteile mit dem geringen Erosionsreste einer ursprünglich weit ausgedehnten Formation zu thun, deren Hauptmasse im Laufe langer Jahrmillionen vollständig abgetragen worden ist, und von welcher nur diese eine Partie, die bei den Vorgängen der Gebirgsbildung besonders tief zwischen altem Gebirge eingefaltet und



Gewundene Kalkschichten des böhmischen Silur.

eingeklemmt wurde, der allgemeinen Zerstörung entgangen ist. Die einstmalige Verbreitung jener Ablagerungen zu rekonstruieren, sind wir heute ganz außer stande, nur so viel kann mit Sicherheit angenommen werden, daß sie mit den gleichalterigen Bildungen der Alpen in unmittelbarem Zusammenhange gestanden haben muß.

Man hat diesen Verhältnissen vielfach zu wenig Rechnung getragen, und es hat sich die irrige Meinung eingebürgert, daß man es mit Ablagerungen aus einem kleinen Binnenbecken zu thun habe, man sprach von einem „innerböhmischen Silurbecken“, und es haben auf diese Weise mancherlei falsche Anschauungen Platz gegriffen. Es ist immerhin möglich, daß das böhmische Silur einen Teil der ehemaligen Ausfüllung eines großen Golfes darstelle, wie etwa heute der Golf von Bengalen, ohne daß mit dessen Umgrenzung der jetzige Umfang der Ablagerungen im mindesten Zusammenhange steht.

Barrande[1] hat die ältern Schichtgesteine Böhmens in einige Hauptabteilungen gebracht und sie der Reihe nach, von den ältesten angefangen, mit den Buchstaben des lateinischen Alphabetes bezeichnet. A sind archaische Schiefer, B und C fallen der kambrischen Formation zu, D umfaßt das Untersilur, E und wahrscheinlich auch die untere Hälfte von F gehören zum Obersilur, während die obere Hälfte von F, ferner G und H in neuerer Zeit zum Unterdevon gerechnet werden.

Durchschnitt durch das böhmische Silur: A Kristallinische Schiefer — B unterkambrische Schichten (Schiefer und Grauwacke) — C oberkambrische Schichten — D Untersilur — E Obersilur — F oberstes Silur und unterstes Devon — G H Unterdevon — ca Kohlenformation — cr obere Kreide. Vgl. Text, S. 110 und 111.

Auf der Grenze zwischen kambrischen und silurischen Bildungen treten vielfach außerordentlich ausgebreitete Diabaseruptionen mit ihren Tuffen auf und wiederholen sich mehrfach im Untersilur und im untern Teile des Obersilur. Die Gesteinszusammensetzung ist im allgemeinen sehr einfach, das Obersilur ist vorwiegend kalkig, nur seine Basis bilden Graptolithenschiefer, während das Untersilur aus einem Wechsel von Thonschiefern, Quarziten und Sandsteinen besteht. Die große Hauptmasse der Fauna und ihre größte Formenmannigfaltigkeit gehört dem Obersilur an, während im Untersilur die Trilobiten immer noch die wichtigste Gruppe bilden, die namentlich reich an Formen der Gattungen Acidaspis, Cheirurus, Dalmanites, Asaphus, Illaenus und Trinucleus ist. Man zählt im untern Silur etwa 160 Krustaceenarten, 40 Cephalopoden, 70 Muscheln und 125 Brachiopoden, welch letztere aber verhältnismäßig sehr spärlich auftreten; die Zahl der übrigen Fossilien ist noch nicht genau bekannt, aber keinesfalls sehr bedeutend. Es ist das im Vergleiche

---

[1] Die Einteilung des böhmischen Silur nach Barrande ist folgende:

Obersilur.

F_1 Dunkle Kalke, dem englischen Ludlow entsprechend.

E_2 Dunkle bituminöse Kalke mit zahllosen Versteinerungen, am häufigsten Orthoceren, dem englischen Wenlock entsprechend.

E_1 Graptolithenschiefer, dem englischen Llandovery entsprechend.

Untersilur mit vorwiegender Trilobitenfauna.

D_5 Gelbgraue und bläuliche Schiefer mit wenig Quarzit, dem Caradoc entsprechend.

D_4 Dunkle glimmerreiche Schiefer und Quarzite.

D_3 Schwarze glimmerreiche Schiefer.

D_2 Helle Quarzite.

$D_1 \gamma$ Dunkle glimmerreiche Thonschiefer.

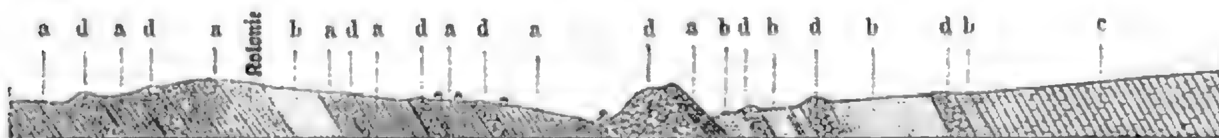
$D_1 \beta$ Hell gefärbte Schiefer mit Diabasen und ihren Tuffen.

$D_1 \alpha$ Konglomerate und Sandsteine.

zu der ungeheuern Fülle im obern Silur und namentlich in E_2 eine sehr ärmliche Fauna, die im ganzen kaum mehr als 500 Arten umfassen dürfte.

Wir müssen hier eine höchst eigentümliche Erscheinung in den Silurablagerungen Böhmens besprechen, die von außerordentlicher Tragweite für die Beurteilung der Faunenverhältnisse in jener Zeit ist, welche, als sie bekannt wurde, große Aufregung und vielfache, zum Teile sehr heftige Diskussionen erregt hat und noch heute Gegenstand sehr weit voneinander abweichender Anschauungen ist. Es sind das die sogenannten **Kolonien von Barrande**, nach der Auffassung dieses Gelehrten Einschaltungen von Kalkbänken und von Graptolithenschiefern mit wesentlich obersilurischer Fauna zwischen den Schichten der obern Teile des Untersilur (s. untenstehende Abbildung).

Als **Barrande** seine wichtigen Untersuchungen über die böhmischen Silurablagerungen begann, glaubte man noch vielfach, daß alle Fossilien derselben gleichalterig seien, und daß die verschiedenen Kalke, Thonschiefer, Sandsteine &c. nur zufällige petrographische Abänderungen eines und desselben Horizontes seien. **Barrandes** Auffassung wurde daher auch von mehreren Prager Geologen entschieden bekämpft, und als ein Hauptargument galt ein Fund, welcher innerhalb der Mauern von Prag bei einem Straßenbaue gemacht wurde. Man fand mitten zwischen den untersilurischen Schiefern der Etage



Durchschnitt durch eine Kolonie. (Nach Barrande.) a Untersilur — b obersilurischer Graptolithenschiefer — c obersilurischer Kalk — d Eruptivgesteine.

D_4 eine nur wenige Zentimeter dicke Kalkbank eingeschaltet, welche eine vorwiegend obersilurische Fauna, daneben aber eine Anzahl echt untersilurischer Trilobitenarten enthielt. Es wurden damals große Massen dieser überaus wichtigen Fossilien gesammelt, der Aufschluß selbst aber, nach Beendigung des Straßenbaues wieder verschüttet, ist heute unzugänglich.

Leider kam auch die große Mehrzahl der Versteinerungen abhanden; die Sammlungen des Prager Museums sollten zufällig gerade während der stürmischsten Tage des Jahres 1848 in ein neues Gebäude gebracht werden. Die interessanten „Kolonialversteinerungen“ waren in zwei Kisten verpackt und mit verschiedenem andern Materiale auf einem Wagen geladen, der aber seinen Bestimmungsort nicht erreichte. Ein Volkshaufe, der dem Transporte begegnete, fand die schweren Kisten für den Barrikadenbau geeignet, und so verschwanden jene wissenschaftlichen Schätze; nur wenige Exemplare, die zufällig nicht in jenen Kisten waren, wurden gerettet. **Barrande** selbst hatte ein nur ungefähr faustgroßes Stück des überaus versteinerungsreichen Kalkes erhalten, und es gelang ihm, aus demselben 15 verschiedene Arten herauszupräparieren, nämlich 4 typisch untersilurische und 4 obersilurische Trilobiten und 7 obersilurische Brachiopoden

Dieses Vorkommen, von **Barrande** die „Kolonie Zippe“ nach dem Namen des Entdeckers getauft, bildete den Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen. Hatte **Barrande** schon früher zwischen den Schiefern von D_5 Gesteinspartien gefunden, welche ganz dem Graptolithenschiefer von E_1 entsprechen und auch dessen Fauna führen, und war er über die Deutung dieser in ihrer Lagerung nicht vollkommen klaren Vorkommnisse in Zweifel gewesen, so stand er jetzt nicht mehr an, sie ebenfalls als Kolonien zu deuten. Er nahm an, daß in Böhmen die Untersilurfauna noch existierte zu einer Zeit, in welcher in andern Gegenden weiter nördlich schon die obersilurische Tierwelt zur Herrschaft gelangt war. Die letztere suchte nun auch das nach **Barrandes** Meinung etwas abgeschlossene

böhmische Becken zu okkupieren, es fanden Einwanderungen statt, die aber keine günstigen äußern Verhältnisse trafen und sich daher nicht auf die Dauer halten, sich nicht allgemein ausbreiten konnten, sie bildeten die Kolonien, die wieder verschwanden, bis endlich mit dem Beginne von E_1 die Einwanderer zur Alleinherrschaft gelangten.

Diese Hypothese wurde zu einer Zeit aufgestellt, als man noch ziemlich allgemein an periodisch wiederkehrende Erdrevolutionen und darauf folgende Neuschöpfungen glaubte und infolgedessen die aufeinander folgenden Faunen aufs schärfste voneinander geschieden sein sollten. Natürlich forderte eine solche Ketzerei gegen das herrschende Dogma scharfen und weitverbreiteten Widerspruch heraus. Heute hat zwar die Kataklysmentheorie kaum noch Anhänger, aber trotzdem stehen Barrandes Ansichten noch sehr gewichtige Bedenken entgegen. An der Existenz der Kolonie Zippe allerdings kann ein berechtigter Zweifel nicht erhoben werden, dagegen liegt die Vermutung sehr nahe, daß wirkliche Kolonien von Graptolithenschiefern in D_5 nicht vorhanden sind und die betreffenden Vorkommnisse durch eigentümliche Störungen erklärt werden müssen[1].

Wie dem nun sei, wenn auch keine Kolonien in D_5 existieren und Barrande zu deren Annahme nur durch unrichtige Verallgemeinerung der an der Kolonie Zippe beobachteten Thatsachen gelangt sein sollte, so hat man doch an dieser letztern zu zweifeln nicht das mindeste Recht, obwohl die Erscheinung eine ungewöhnliche ist und zu manchen theoretischen Anschauungen wenig zu passen scheint. In Wirklichkeit aber ist die Erklärung eine ziemlich einfache, zumal wenn wir uns an die Verhältnisse erinnern, welche anderwärts, z. B. in England, auf der Grenze zwischen unterm und oberm Silur herrschen. Wir haben gesehen, daß dort bei ziemlich gleichbleibender Facies eine ganz allmähliche Entwickelung vorliegt, daß von der Balagruppe bis zu den Wenlockbildungen jede Stufe durch eine sehr beträchtliche Zahl von gemeinsamen Arten mit der benachbarten verbunden ist. In Böhmen dagegen findet auf der Grenze zwischen den Abteilungen D und E ein sehr scharfer Facieswechsel statt, gleichzeitig mit demselben erscheint unvermittelt und in voller Entwickelung die obersilurische Fauna, die offenbar hier nicht an Ort und Stelle entstanden, sondern von auswärts eingewandert ist. Jedenfalls also existierten schon obersilurische Typen außerhalb der böhmischen Area zu einer Zeit, als in letzterer noch die untersilurische Fauna in voller Reinheit vorhanden war, und eine gelegentliche Einwanderung während kurz dauernder günstiger Verhältnisse (z. B. Vorhandensein kalkiger Ablagerungen in der Kolonie Zippe) konnte sehr wohl stattfinden. Auf diese Weise erklärt sich der Hauptsache nach in der von Barrande angedeuteten Weise dieses Phänomen, dessen Hauptinteresse darin besteht, daß es einen vollgültigen Beweis gegen die Theorie der großen geologischen Katastrophen geliefert hat.

Kein andres Gebiet in Europa hat außer den bisher besprochenen eine reiche Entwickelung des Silur aufzuweisen; in Sachsen und Thüringen treten graptolithenführende Thonschiefer und Kieselschiefer auf, bei Sonneberg in Thüringen haben griffelförmig abgesonderte Schiefer einige untersilurische Trilobiten geliefert, und auch im Fichtelgebirge finden sich silurische Graptolithenschiefer und Kalke.

Bedeutende Räume nehmen silurische Ablagerungen in den Alpen ein, doch ist hier das Studium und die Unterscheidung derselben von den jüngern paläozoischen Bildungen einerseits und von den kristallinischen Schiefern vorkambrischen Alters anderseits mit so

[1] Dafür sprechen verschiedene Umstände: a) treten Kolonialarten nur in den beschränkten Partien von Graptolithenschiefer auf, niemals finden sich auch nur isolierte Arten in den anstoßenden Gesteinen; b) niemals gehen untersilurische Arten in die Kolonialgesteine; c) Grenzbildungen, in welchen beide Formen sich mischen, werden nur in einem sehr zweifelhaften Falle citiert; d) in den Kolonien, die in verschiedenen Horizonten von D_5 eingeschaltet sein sollen, lassen sich dieselben Graptolithenniveaus unterscheiden, in derselben Zusammensetzung und Reihenfolge, wie sie später in E_1 auftreten.

überaus großen Schwierigkeiten verbunden, daß wir von einer ausreichenden Kenntnis, wenn sie überhaupt je erreichbar sein sollte, noch ziemlich weit entfernt sind. In den Nordalpen erstreckt sich von Schwaz in Tirol bis an den östlichen Bruchrand des Gebirges zwischen der kristallinischen Zone im Süden und den jüngern Kalkketten im Norden ein breiter Gürtel von häufig subkristallinischen Schiefern, Sandsteinen, Konglomeraten, Grauwacken mit untergeordneten Kalkeinlagerungen, welcher nach der gewöhnlichen Auffassung unter anderm auch die berühmten Eisenerzlagerstätten Steiermarks enthält, und dessen paläozoisches Alter schon lange erkannt war; ähnliche Gebilde treten auch vielfach am Ostrande der Alpen in Steiermark, ferner in den Südalpen, namentlich in Kärnten und Krain, auf und reichen weiter bis nach Kroatien und Dalmatien. Häufig stehen diese Gebilde in innigem Zusammenhange mit echt kristallinischen Schiefern, und die Untersuchungen von Sueß und Stache haben gezeigt, daß weite Strecken, die man früher als uraltes, archaisches Gebirge betrachtet hatte, in Wirklichkeit aus metamorphosierten Gesteinen paläozoischen Alters bestehen. Der Mangel an Versteinerungen macht es vor allem bei diesen letztern Gebilden fast unmöglich, eine Trennung der einzelnen Formationen vorzunehmen; aber auch bei jenen zuerst genannten Schiefern, Sandsteinen ꝛc. sind die Schwierigkeiten ganz außerordentlicher Art. Die Gesteine dieser Grauwackenzone sind der Verwitterung sehr stark unterworfen, sie bilden daher einen breiten Gürtel verhältnismäßig niedriger, gerundeter Bergkuppen, der von der üppigsten Wald- und Wiesenvegetation bedeckt ist und wohl unter allen alpinen Gebieten die wenigsten und geringfügigsten Aufschlüsse bietet. Überdies sind Versteinerungen überaus selten, und so ergibt es sich von selbst, welchen Hindernissen der Geolog hier gegenübersteht. In der Grauwackenzone der Nordalpen hat zuerst Hauer silurische Versteinerungen von Dienten bei Werfen südlich von Salzburg und vom Erzberg bei Eisenerz in Steiermark nachgewiesen. Die Fauna von Dienten hat bis jetzt etwa 20 verschiedene Arten geliefert, welche sich nach Stache eng an solche der böhmischen Etage E_2 anschließen. Man hat infolgedessen die ganze nördliche Grauwackenzone für Silur gehalten; jedoch in neuerer Zeit, namentlich seit Toula in derselben am Semmering Steinkohlenpflanzen gefunden hat, hat man erkannt, daß dieselbe Äquivalente mehrerer, vermutlich aller paläozoischen Formationen umfaßt.

Ähnlich verhält es sich in den andern Gebieten. Die alten Bildungen der Umgebung von Graz waren auf Grund einiger sicherer Versteinerungen als devonisch erklärt worden. In den Südalpen sind mehrere Fundpunkte von Versteinerungen der Kohlenformation seit länger bekannt, und man war demnach der Ansicht, daß so ziemlich die ganze südalpine Grauwackenzone eine eigentümliche Modifikation der Carbonreihe darstelle, welche man nach der Gegend ihrer stärksten Entwickelung als Gailthaler Schichten bezeichnete. In der That sind Kohlenablagerungen weit verbreitet, allein die unermüdlichen Forschungen von Stache zeigen, daß auch Silur und Devon hier vertreten sind; vor allem kommen am Osterniggebirge in Kärnten und im benachbarten Gebiete der Italienischen Alpen reiche Graptolithenschiefer vor, das Kankerthal hat eine obersilurische Brachiopodenfauna geliefert, und am Kokberge sind trilobitenreiche Kalke vorhanden.

Wie die Vorkommnisse in den Alpen, so schließen sich auch jene in Frankreich, Sardinien und auf der Pyrenäenhalbinsel eng an die böhmische Entwickelung an, ohne jedoch unsrer Kenntnis jener alten Bildungen und ihrer Fauna wesentlich Neues hinzuzufügen.

Von außereuropäischen Vorkommnissen sind namentlich diejenigen in China und Nordamerika von großer Bedeutung; von dem erstern ist allerdings einiges durch die Reisen des Freiherrn v. Richthofen bekannt geworden, doch kaum mehr, als genügt, um eben das Vorhandensein einer großartigen Silurentwickelung zu erkennen. Anders verhält es sich mit Nordamerika, dem klassischen Gebiete, in welchem die Formation wohl den größten

Flächenraum einnimmt und die gewaltigste Mächtigkeit erreicht. Ohne Zweifel wird mit der Zeit auch die Fauna des amerikanischen Silur sich als reicher erweisen als diejenige Europas, aber heute ist dieselbe trotz der äußerst erfolgreichen Arbeiten von Hall, Billings und andern noch bei weitem nicht hinreichend untersucht. Ein großer Teil des weiten Gebietes zwischen dem Alleghanygebirge und Mississippi sowie von Britisch-Nordamerika besteht aus silurischen Schichten, und auch westlich vom Felsengebirge, im fernen Westen, treten sie in großer Verbreitung auf. Selbstverständlich ist die Entwickelung nicht überall in dieser weiten Area dieselbe, aber trotzdem sind die Verschiedenheiten in den einzelnen Gebieten, wie es scheint, keine sehr bedeutenden, und die Grundzüge der Gliederung bleiben in der Hauptsache dieselben[1].

Abgesehen von ihrer Versteinerungsfülle und ihrer reichen Gliederung, werden die nordamerikanischen Ablagerungen namentlich dadurch von Bedeutung, daß in einem großen Teile des Gebietes die ganze Reihenfolge der Schichten in ungestörter Lagerung auftritt und zwar nicht nur die silurischen Bildungen, sondern ebenso darunter die kambrische und darüber die Devon- und Kohlenformation. Wir können daher hier in schönster Klarheit und Vollständigkeit die ganze Serie der paläozoischen Gebilde untersuchen und studieren, wie das in keinem andern Teile der Erde, am wenigsten in Europa, möglich ist. Mit fortschreitender Kenntnis der Neuen Welt werden die dortigen Vorkommnisse für das Verständnis und die Auffassung der paläozoischen Schichtfolge so wichtig werden, wie es diejenigen Mitteleuropas für Jura und Kreide sind, und bei der außerordentlichen Energie, mit welcher die amerikanischen Geologen und Paläontologen die Untersuchung ihres Landes fördern, werden wir wohl nicht mehr allzulange darauf zu warten haben.

Zum Schlusse mag die folgende Tabelle die ungefähren Beziehungen der einzelnen Silurstufen in verschiedenen Ländern darstellen (wesentlich nach Marr); man darf dabei allerdings nicht vergessen, daß es sich hier nicht um genaue Gleichzeitigkeit handeln kann, und daß unsre Gliederung des Silur noch viel zu sehr auf lokale Eigentümlichkeiten und Besonderheiten der Faciesentwickelung Wert legt, als daß ein derartiger Versuch der Parallelisierung nicht noch ganz wesentliche Irrtümer enthalten sollte. Ihre Berichtigung muß der Zukunft überlassen bleiben; ohne Zweifel wird in erster Linie die genaueste und eingehendste Untersuchung der Graptolithenhorizonte, wie sie von englischen und skandinavischen Forschern in so erfolgreicher Weise begonnen worden ist, hierbei die wichtigsten Dienste leisten.

---

[1] Die Einteilung im Staate New York, von welcher die Gruppierung in andern Gegenden nur unbedeutend abweicht, ist folgende:

I. Obersilur.

1) Waterlimegruppe, Zementkalke mit Eurypterus und Pterygotus.
2) Onondagosalzgruppe, gips- und steinsalzführende Ablagerung, sehr versteinerungsarm.
3) Niagaragruppe, Mergel und Kalke mit vielen Versteinerungen, dem englischen Wenlock entsprechend.
4) Clintongruppe
5) Medinasandstein
6) Oneidakonglomerat
} Thonschiefer, Sandsteine und Konglomerate, ungefähr dem Llandovery entsprechend.

II. Untersilur.

7) Hudsonrivergruppe, Thonschiefer mit zahlreichen Versteinerungen.
8) Uticaschiefer.
9) Trentonkalk, mächtige dunkle Kalke, den Orthocerenkalken Skandinaviens und Rußlands entsprechend.
10) Blackrivergruppe
11) Birdseyekalk
} cephalopodenreiche Kalke.
12) Chazygruppe, trilobitenführende Kalke mit Sandsteinen und Schiefern.

Unterlage des Silur: Calciferous Sandstone der kambrischen Formation.

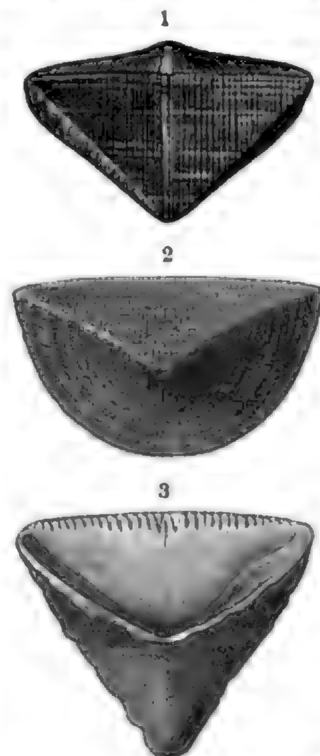
	England	Schweden	Russische Ostseeprovinzen	Böhmen	Nordamerika
Obersilur	Übergangsschichten Oberes Ludlow Aymestrykalk Unteres Ludlow	Öved-Sandstein	K Obere Öselsche Schicht	F_1	Waterlimegruppe Onondagosalzgruppe
	Wenlockgruppe	Korallenkalk von Gotland Cardiolaschiefer und Cyrtograptusschiefer von Schonen	J Untere Öselsche Schicht H Estonus-Schicht	E_2	Niagaragruppe
	Oberes } Llandovery Unteres }	Rastritenschiefer Oberer Brachiopodenkalk	G_1 Jördensche Schicht G_2 Borealis-Schicht G_3 Raikküllsche Schicht	E_1	Clintongruppe Medinasandstein Oneida-Konglomerat
Untersilur	Bala- oder Caradocgruppe	Untere Brachiopodenkalke Trinucleusschiefer Chasmopskalk Mittl. Graptolithenschiefer Obere Etage des Untersilur in Schonen	F_1 Borkholmsche Schicht F_2 Lyckholmsche Schicht E Wesenbergsche Schicht D_2 Kegelsche Schicht D_1 Jewesche Schicht	$D_{5,4,3}$	Hudsonrivergruppe Uticaschiefer
	Llandeilogruppe	Mittlere Etage des Untersilur in Schonen Oberer Teil der untern Etage in Schonen Orthoceerenkalk	C_2 Brandschiefer C_1 Echinosphäritenkalk	$D_2, 1\gamma$	Trentonkalk Blackrivergruppe Birdseyekalk Chazygruppe
	Areniggruppe	Orthoceerenkalk Unterer Teil der untern Etage des Untersilur in Schonen	B_3 Orthoceerenkalk B_2 Glaukonitkalk	$D_1 \beta$?	

Die Devonfauna.

Die devonische Formation hat ihren Namen von der Grafschaft Devonshire im südwestlichen England erhalten, wo Murchison die marinen Ablagerungen dieser Periode untersuchte und als den Typus eines selbständigen Abschnittes bezeichnete. Allerdings ist gerade hier die Entwickelung eine außerordentlich dürftige, und die Bezeichnung rheinisches Schiefergebirge, welche bisweilen gebraucht wird, müßte bei der reichen Entfaltung dieser Gebilde in den Rheinlanden als viel passender betrachtet werden; trotzdem wäre es wohl ziemlich unpraktisch, einen so allgemein bekannten und gebräuchlichen Namen durch einen andern ersetzen zu wollen, und wir bleiben daher bei dem „Devon". An Namen liegt ja überhaupt sehr wenig; ja, es ist nicht ganz mit Unrecht gesagt worden, daß als Bezeichnung der geologischen Formationen oder großen Abschnitte am besten eine solche ohne Bedeutung, ja ohne Sinn zu wählen sei, weil alle die Namen, die mit Rücksicht auf ein lokales Vorkommen oder dessen Eigentümlichkeiten gegeben werden, sich bei fortschreitender Kenntnis in der Regel als unpassend und falsch erweisen. So hat man eine der Formationen nach der Stadt Perm in Rußland benannt, jedoch später zeigte es sich, daß dieser Ort wahrscheinlich gar nicht auf permischen Ablagerungen steht. Dieselbe Formation hat man auch Dyas genannt, weil sie in einem großen Teile von Deutschland und England aus zwei scharf geschiedenen Gliedern, aus roten Sandsteinen und Konglomeraten einerseits, aus versteinerungsreichen Kalken anderseits, besteht; außerhalb dieser Bezirke kommt

keine derartige Zweiteilung vor, und der Name erweist sich also, wie vorauszusehen war, als unrichtig. Wenn man von diesem Standpunkte aus die geologische Nomenklatur revidieren und alle unpassenden Namen ausstoßen und durch andre ersetzen wollte, so wäre sehr viel zu thun. Aber es fällt niemand ein, eine so unfruchtbare Arbeit zu unternehmen; jedermann kennt diese Namen, ihre Bedeutung, und sie haben sich so eingebürgert, daß man kaum mehr an ihren Ursprung und ihre Gebrechen denkt.

Die Tierwelt der devonischen Formation schließt sich derjenigen des Silur aufs engste an; nur wenige wichtige Gruppen sind verschwunden oder stark vermindert, und von stark hervortretenden Typen, welche hier neu erscheinen oder mächtig überhandnehmen, sind nur die Ammoniten und die Fische zu nennen. Wir werden uns daher mit einer kurzen Übersicht begnügen können. Auch aus dem Devon kennen wir nur überaus dürftige Reste von Protozoen, die Schwämme treten ebenfalls sehr in den Hintergrund, und erst die Korallen zeigen eine mächtige Formenmannigfaltigkeit. Wir finden auch hier Korallenkalke, welche an die Riffbildungen der heutigen Tage erinnern; die Eifel, die Ardennen, Schlesien, die Umgebung von Graz in Steiermark, einzelne Punkte im nördlichen Frankreich und südwestlichen England, endlich verschiedene Teile von Nordamerika liefern uns Beispiele dieser Entwickelung, in welcher, wie im Silur, die Tetrakorallien und Tabulaten in Verbindung mit Stromatoporen in erster Linie hervortreten. Die Verschiedenartigkeit der Formen ist eine geringere als im Silur, aber der gesamte Charakter ein ganz übereinstimmender. Nur eine sehr bezeichnende Form aus dieser Abteilung, welche zu den wichtigsten Leitfossilien des Devon gehört, verdient hier hervorgehoben zu werden, nämlich die sogenannte Pantoffelmuschel, Calceola sandalina. Diese seltsame Form mußte lange in den Systemen der Paläontologen ein unstetes Wanderleben führen, bald unter die Muscheln, bald unter die Brachiopoden oder Korallen versetzt, bis ihre Stellung bei diesen letztern durch die Arbeiten von Lindström und Kunth endgültig erwiesen wurde. Allerdings ist die auffallend regelmäßige Gestalt, wie sie die nebenstehende Abbildung zeigt, und das Vorhandensein eines Deckels, der durch Zähne mit der becherförmigen Zelle in Verbindung steht, für eine Koralle befremdend genug und war es noch mehr in früherer Zeit, als man unter den letztern sonst keine deckeltragenden Formen kannte. Seitdem aber sind Bindeglieder bekannt geworden, welche sich Calceola nähern, die Streifen auf der Außenseite verlaufen genau nach dem Wachstumsgesetze der Tetracorallia, und ein Dünnschliff läßt nach Waagen auch in der steinigen Ausfüllungsmasse im Grunde der Zelle die Sternleisten klar hervortreten.

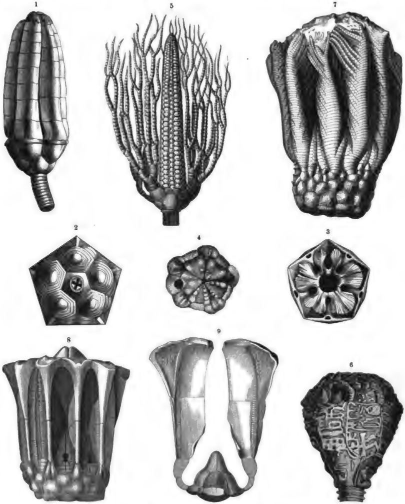


Calceola sandalina, aus dem mittlern Devon der Rheinlande: 1. Mit Deckel von der Seite — 2. von unten — 3. ohne Deckel.

Die Graptolithen, jene charakteristischen Formen, welche die Schichtflächen silurischer Schiefer zu Millionen überziehen und für die Gliederung der Ablagerungen von so ausnehmender Bedeutung sind, verschwinden mit dem Ende der Silurzeit. Nur wenige Exemplare, die im untersten Devon des Harzgebirges gefunden worden sind, bilden die letzten vereinzelten Überreste.

Unter den Echinodermen sind die Cystideen bis auf geringe Überbleibsel erloschen, die bisher sehr schwach vorkommenden Blastoideen und Seeigel sind etwas besser vertreten, aber noch immer nicht in reicher Entwickelung, die Seesterne meist spärlich, nur die eine Lokalität Bundenbach hat eine große Menge derselben in schwarzen Dachschiefer eingeschlossen geliefert;

lange Zeit waren diese Funde wissenschaftlich ohne Bedeutung, weil es nicht gelingen wollte, die Exemplare aus der zähen Schieferhülle zu befreien. Erst in neuester Zeit ist es

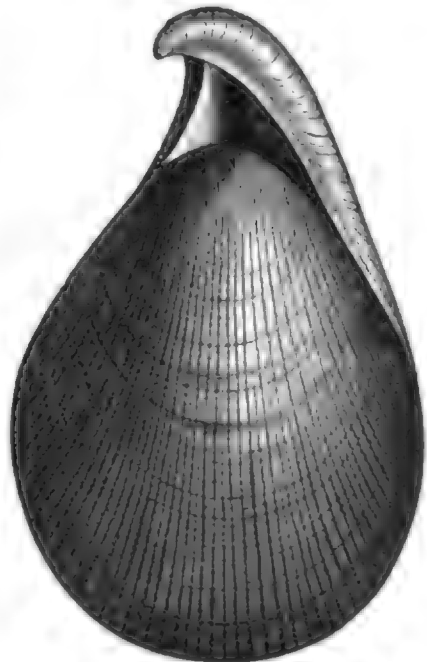


Devonische Krinoiden aus der Eifel. (Nach Schultze.) 1. Cupressocrinus inflatus, vollständige Krone. — 2. Cupressocrinus abbreviatus, Kelch von unten. — 3. Derselbe Kelch ohne die Arme von oben, mit dem sogenannten Konsolidationsapparate — 4. Kelchdecke von Coccocrinus rosaceus. — 5. Lecythocrinus Eifelianus. — 6. Hexacrinus anaglypticus, Kelch ohne Arme. — 7. Rhipidocrinus crenatus. — 8. Eucalyptocrinus rosaceus. — 9. Derselbe, idealer Durchschnitt durch den Kelch. Vgl. Text, S. 119.

geglückt, Methoden zu diesem Behufe zu finden, und nun gehören allerdings diese in goldglänzenden Schwefelkies verwandelten Seesterne auf dem schwarzen Schiefergrunde zu den

herrlichsten Versteinerungen, die wir überhaupt kennen, und ihre Untersuchung durch Stürtz hat interessante Aufschlüsse über den Bau der paläozoischen Seesterne gebracht. Die Krinoiden sind im Devon in voller Blüte und liefern eine Reihe der schönsten Typen: Cupressocrinus mit seinen kolossalen, aus wenigen sehr großen Platten aufgebauten Armen und dem eigentümlichen Konsolidationsapparate im Innern des Kelches, Eucalyptocrinus, dessen Kelch ein seltsam geformtes Fachwerk für die Aufnahme der Arme trägt, die eigentümlich verzierten Hexakrinen, Lecythocrinus, ferner die Cyathokriniden, Poteriokriniden, Actinokriniden, Platykriniden, Taxokriniden, Rhodokriniden, Melokriniden liefern eine Reihe ausgezeichneter Typen, die namentlich im mittlern Devon der Eifel in prachtvollen Resten auftreten (s. Abbildung, S. 118).

Über Würmer und Bryozoen ist wenig zu berichten, um so wichtiger sind dagegen die Brachiopoden, die man fast überall in Menge findet. Wohl infolge dieser außerordentlichen Häufigkeit wählt man sie vielfach, um auf ihr Vorkommen die Einteilung der devonischen Ablagerungen zu begründen; vielleicht mit Unrecht, da diese überaus variabeln Formen sich gerade infolge ihrer unbeständigen Gestalt wenig als Leitfossilien eignen. So groß aber auch die Formen- und Individuenmenge ist, so bleibt dieselbe doch hinter jener im Silur etwas zurück, und namentlich unter den hornschaligen Formen und unter den Orthiden macht sich ein entschiedener Rückgang bemerkbar. Von den schon früher vorhandenen Gattungen spielen namentlich Streptochynchus, Strophomena, Spirifer, Spirigera, Atrypa, Retzia, Chonetes und Rhynchonella eine sehr bedeutende Rolle, während die neu auftretenden, spezifisch devonischen Geschlechter keine nennenswerte Artenzahl entwickeln. Unter diesen sind namentlich zwei zu nennen, welche für das mittlere Devon in hohem Grade charakteristisch und in diesem Niveau sehr verbreitet sind, nämlich Uncites (s. nebenstehende Abbildung), ein schon durch seine äußere Form sehr leicht kenntlicher Spiriferide, und Stringocephalus (s. Abbildung, S. 120), ein Terebratulide mit sehr verwickeltem innern Gerüste, bei welchem in der Jugend unter dem Schnabel ein sehr großes Loch für den Durchtritt des Muskelstieles vorhanden ist, das sich mit zunehmendem Wachstume mehr und mehr verkleinert. Es sind schöne, stattliche Formen, und namentlich Stringocephalus erreicht eine Größe, mit der nur wenige andre Brachiopoden konkurrieren können.


Uncites gryphus, aus mittlerm Devon von Paffrath bei Köln.

Unter den **Mollusken** bieten **Muscheln** und **Schnecken** kaum irgend welchen Anlaß zu Bemerkungen, der gesamte Typus weicht von dem des Silur nicht wesentlich ab. Um so wichtiger sind dagegen die Unterschiede, welche wir bei den **Cephalopoden** finden. Die **Nautiliden**, welche allein in den silurischen Ablagerungen vorhanden waren und da eine staunenswerte Entwickelung erreichten, sind in den devonischen Ablagerungen schon stark im Rückgange begriffen; Orthoceras und Cyrtoceras, die herrschenden Gattungen im Silur, sind auch hier noch am häufigsten, aber ihre Artenzahl ist sehr stark vermindert; auch Gomphoceras und Phragmoceras sind bedeutend zurückgegangen, und von den ziemlich zahlreichen andern Gattungen des Silur ist die Mehrzahl verschwunden; in aufsteigender Linie befindet sich nur die Gattung Nautilus selbst, und neu tritt Gyroceras hinzu, eine spiral aufgerollte Form, deren einzelne Windungen sich nicht berühren.

Einen Ersatz für die Abnahme der Nautiliden bietet die neu auftauchende Ordnung der Ammonitiden, welche vom Devon bis zum Schlusse der mesozoischen Zeit eine überaus wichtige Rolle spielt. Die große Mehrzahl der Ammoniten und unter ihnen alle geologisch alten und ursprünglichen Typen sind wie ein Nautilus in einer Ebene spiral eingerollt; die Kammerscheidewänen sind außer bei einigen der geologisch ältesten Formen gegen die Mündung zu konvex, der Sipho sehr dünn, meist verkalkt und hart an der Außenseite gelegen und an der Stelle, wo er die Kammerscheidewand durchbricht, von einer meist ganz kurzen Siphonaltute begleitet. Man nimmt in der Regel an, daß bei allen geologisch alten Ammonitiden diese Tute, wie bei den Nautiliden, nach rückwärts, bei den jüngern nach vorwärts gerichtet sei, und für die meisten Vorkommnisse dürfte das auch richtig sein, wenn es auch an einem Beweise für die allgemeine Gültigkeit dieser Regel vollständig fehlt und Übergänge zwischen beiderlei Bildungen vorkommen.

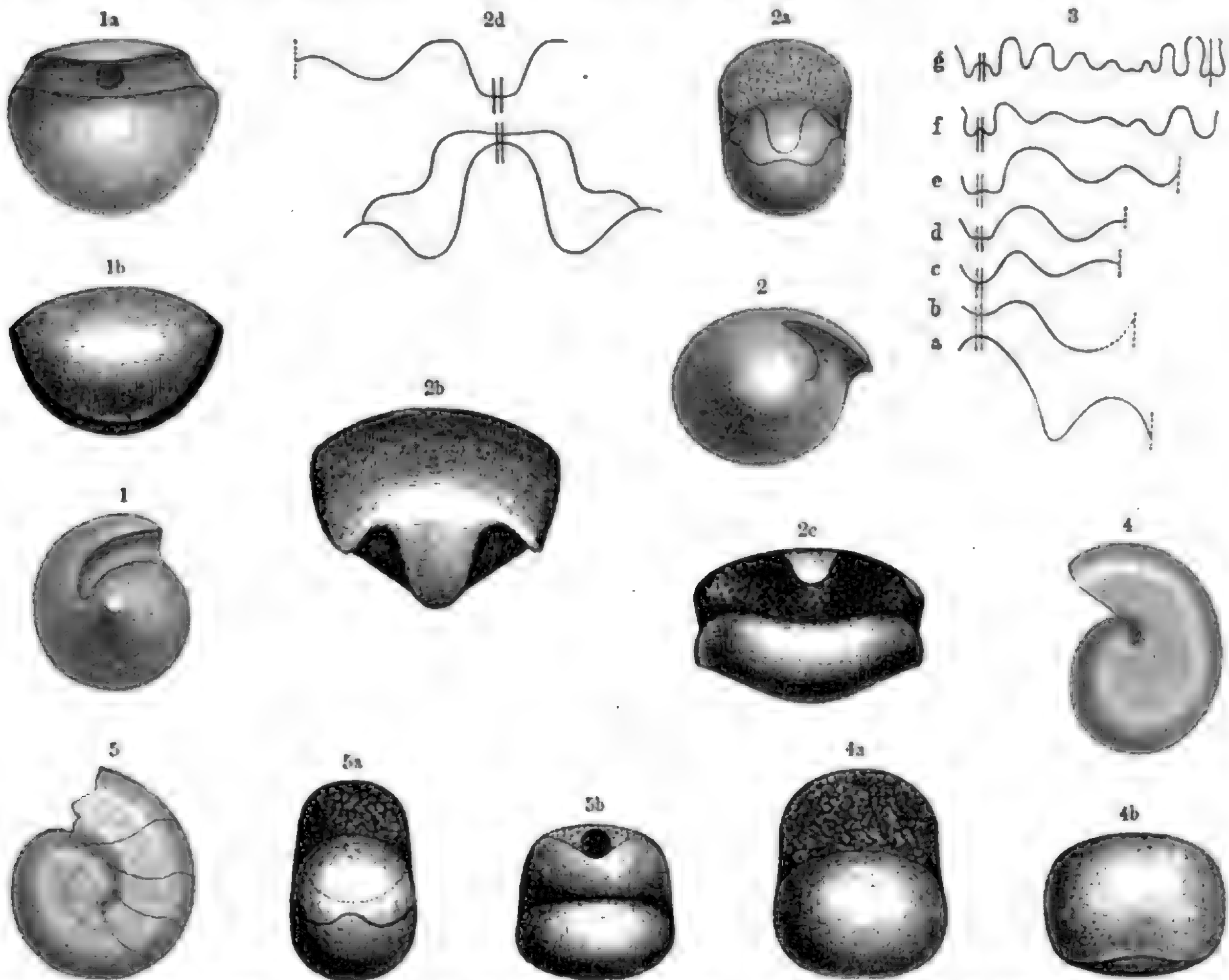
Stringocephalus Burtini, aus dem Mitteldevon von Paffrath bei Köln: 1. Ganz junges Exemplar — 2. mittelgroßes Exemplar — 3. Schenkel eines sehr großen Exemplars — 4. Armgerüst. Vgl. Text, S. 119.

So auffallend sich übrigens ein typischer, höher entwickelter Ammonit von einem Nautiliden unterscheidet, so schwierig wird eine Trennung bei den ältesten und ursprünglichsten Formen jener; weder die Lage, noch die Beschaffenheit des Sipho, noch die Kammerscheidewände geben ein sicheres Unterscheidungsmerkmal. Es ist nur ein Kennzeichen vorhanden, welches nach den heutigen Erfahrungen in allen Fällen ein sicheres Urteil gestattet, ob man es mit einem Ammoniten oder einem Nautiliden zu thun hat. Dieses liefert der allererste Anfang der Schale, jenes Stückchen derselben, welches das junge Tier zuerst abscheidet, wenn es die Anlage eines definitiven Gehäuses beginnt. Es ist das allerdings ein Merkmal, dessen Beobachtung mit großen Schwierigkeiten verbunden ist; bei spiralig eingerollten Typen, wie bei den Ammoniten, bei Nautilus 2c., ist der Schalenanfang von allen später gebildeten Windungen umhüllt, und die Präparation desselben mit sehr großer Mühe verbunden; bei den gestreckten oder nur gebogenen, aber nicht spiralig gerollten Formen dagegen ist der dünne Schalenanfang in der Regel abgebrochen und nicht erhalten. Gelingt es jedoch, dieser Schwierigkeiten Herr zu werden und den winzigen Schalenanfang zu untersuchen, so findet man, daß derselbe bei allen Ammoniten aus einer blasenförmig aufgetriebenen, in der Regel spiralig gebogenen, nur bei wenigen geologisch sehr alten Vertretern einfach eiförmigen Anfangskammer von winzigen Dimensionen besteht (s. Abbildung, S. 121). Ganz anders verhält es sich bei den

Digitized by Google

Nautiliden, hier ist die Anfangskammer bedeutend größer, ihre Gestalt ist flach kegel- oder schüsselförmig, und an ihrer Außenseite trägt sie eine eigentümliche, deutlich sichtbare Narbe (s. Abbildung, S. 122).

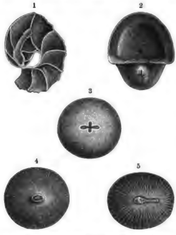
Wohl die wichtigsten, wenn auch etwas schwierig faßbare Charaktere bei den Ammoniten bildet die Form der Kammerscheidewände, speziell die Linie, in welcher jede derselben an die Schalenwand anstößt, die Sutur- oder Lobenlinie. Wenn das Gehäuse unverletzt ist, so kann man natürlich von diesen im Innern desselben gelegenen Teilen nichts sehen. Ist aber das Gehäuse mit Gesteinsmasse ausgefüllt, und sind dann dessen Schalen-



Schalenanfänge (Embryonalschalen) und erste Kammerscheidewände von Ammonitiden in verschiedenen Stellungen. (Nach Branco.) 1. Trachyceras erinaceus. — 2. Phylloceras tortisulcatum, Schalenanfang und erste Kammerscheidewände. — 2d. Die drei ersten Suturen von Phylloceras tortisulcatum. — 3a—g. Entwickelung der Suturen von Sageceras Haidingeri. — 4. Goniatites multilobatus. — 5. Clymenia undulata. Alle Abbildungen stark vergrößert. Vgl. Text, S. 120 und 123.

teile, wie es bei der Fossilisation so häufig geschieht, aufgelöst und verschwunden, haben wir einen sogenannten Steinkern vor uns, dann treten auf dessen Oberfläche die Suturen ausgezeichnet hervor und können sehr gut beobachtet werden. Diese Suturlinie bildet nun bei den Ammoniten niemals eine ganz einfache, quer über der Windung verlaufende Linie, sondern dieselbe zeigt stets mehr oder weniger ausgesprochene Ausbuchtungen oder Winkel, wobei die nach rückwärts einspringenden Lappen als Loben, die zwischen denselben gegen die Mündung vorgreifenden als Sättel bezeichnet werden. Der allereinfachste Fall, welcher bei Ammoniten überhaupt auftritt, ist der, daß nur an der konvexen Außenseite des Gehäuses, an dem Sipho, ein einzelner Lobus auftritt; in der Regel jedoch gesellen sich zu beiden Seiten noch Loben und Sättel dazu, deren Zahl und Form von größter Bedeutung sind.

Wir können hier nicht auf eine genaue Darstellung des Lobenbaues der Ammoniten eingehen, einen Gegenstand, der immerhin zu den verwickeltern auf paläontologischem Gebiete gehört, und begnügen uns damit, jene Punkte hervorzuheben, welche für das Verständnis der geologischen Fragen unbedingt notwendig sind. Im großen und ganzen findet in den einzelnen Stämmen der Ammoniten eine übereinstimmende Umgestaltung der Suturen in der Weise statt, daß dieselben immer verwickelter und verzweigter werden. Bei den geologisch ältesten Formen bemerken wir nur eine wellige oder winkelige Biegung. In späterer Zeit treten Formen auf, bei welchen die einzelnen Loben am Grunde gezahnt erscheinen, und bei dem dritten Stadium endlich sind Loben und Sättel ringsum gezackt, gezahnt oder astförmig verzweigt. In früherer Zeit faßte man diese drei Typen als Gattungen zusammen, man bezeichnete die einfach gebogenen Formen als **Goniatiten**, die nur am Grunde gezahnten als **Ceratiten**, die rings gezackten als **Ammoniten** und glaubte, daß diese Sippen streng an bestimmte geologische Abschnitte gebunden seien, so zwar, daß die Goniatiten die paläozoische Zeit, die Ceratiten die Trias, die Ammoniten Jura und Kreide charakterisieren.



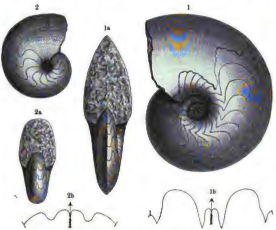
Schalenanfänge (Embryonalschalen) von Nautiliden. (Nach Barrande und Branco.) 1, 2. Nautilus pompilius. — 3. Orthoceras mundum. — 4. Orthoceras embryo. — 5. Cystoceras fugax. Vgl. Text, S. 121.

Diese Auffassung, der man leider noch immer in einzelnen Büchern begegnet, hat sich als vollständig irrig erwiesen; man faßt überhaupt unter den Namen Goniatites, Ceratites und Ammonites nicht natürliche Gruppen zusammen, sondern die auf gleicher Entwickelungshöhe stehenden Stadien der verschiedensten Stämme und Formenreihen. Es ist das etwa, als ob man in einem Werke über Ethnographie Ackerbauer, Jäger, Hirten, Krieger, Handwerker als die verschiedenen Völker der Erde bezeichnen wollte, weil jede dieser Gruppen stets gewisse gemeinsame Charaktere aufzuweisen hat, wo immer sie auftritt. Ferner ist es nur im großen richtig, daß bei den Ammoniten eine stetig fortschreitende Komplikation der Loben eintritt; die einzelnen Abteilungen halten in der Entwickelung ihrer Suturen nicht gleichen Schritt, einzelne eilen voran, andre bleiben zurück; abgesehen davon, treten auch rückläufige Reihen auf, in welchen nach Erreichung einer gewissen Stufe wieder eine Vereinfachung des Lobenbaues, ja eine Rückkehr zum Goniatitenstadium stattfindet. Was endlich die geologische Verbreitung anlangt, so sind zwar die Ammonitiden der paläozoischen Zeit meist Goniatiden, aber es gibt daneben auch Formen im Ceratiten- und im Ammonitenstadium; die Ceratiten sind zwar der großen Mehrzahl nach in der Trias, aber daneben kommt eine noch viel größere Zahl von Typen rings gezackter und eine nicht unbeträchtliche mit einfach gebogenen Loben vor, und selbst in Jura und Kreide fehlt das Ceratiten- und Goniatitenstadium nicht ganz.

Die richtige Erkenntnis dieser Verhältnisse hat mit zwingender Notwendigkeit dahin geführt, die drei genannten Gattungen wenigstens in ihrer ursprünglichen Bedeutung aufzugeben und die ganze Formenmenge in eine große Zahl von Gattungen zu zerlegen. Für die mesozoischen Ammoniten ist diese Aufgabe nahezu durchgeführt, dagegen ist für die paläozoischen Typen kaum mehr als der erste Anfang gemacht, und wir werden also diese

alten Ammoniten mit einfachen Suturen noch als Goniatiten bezeichnen. Im Devon erreichen diese Formen eine sehr große Verbreitung und Mannigfaltigkeit und gehören zu den bezeichnendsten Leitfossilien der einzelnen Abteilungen. Wir können hier nicht auf die Schilderung einzelner Arten eingehen, und es mag genügen, auf die untenstehenden Abbildungen einiger derselben hinzuweisen.

Neben den typischen Vertretern der Ammonitiden findet sich aber im Devon eine zweite sehr abweichende Gruppe, die Gattung Clymenia, welche, soweit unsre Kenntnisse reichen, ganz auf diese Formation, ja auf die oberste Abteilung derselben beschränkt scheinen und daher gerade vom geologischen Standpunkte überaus wichtig sind. Allerdings darf man nicht erwarten, daß diese enge Umgrenzung des geologischen Vorkommens, wie wir sie in Europa sehen, eine allgemein gültige Regel darstelle. Die Clymenien (s. Abbildung, S. 124), welche bei uns plötzlich und unvermittelt in Menge auftreten, sind natürlich nicht hier, an Ort und Stelle, neu entstanden, sondern sie müssen in andern Regionen schon früher existiert haben und von dort aus bei uns eingewandert sein, und man kann daher mit Bestimmtheit voraussetzen, daß solche Formen anderwärts schon in ältern Schichten gefunden werden müssen.



Devongoniatiten. (Nach Römer.) 1. Goniatites intumescens. — 2. Goniatites retrorsus. — a Seitenansicht. — b Frontansicht. — c Lobenlinie.

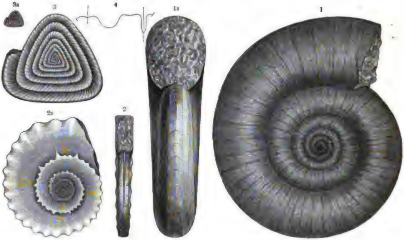
In der äußern Erscheinung allerdings weichen die Clymenien, deren Kenntnis namentlich durch Gümbel sehr gefördert wurde, von den übrigen Ammoniten nicht wesentlich ab, und erst eine Präparation der äußerlich nicht sichtbaren Teile ergibt das Vorhandensein tiefgreifender Unterschiede. Der Sipho, welcher bisweilen von sehr langen, bis an die vorhergehende Kammerscheidewand reichenden Tuten begleitet ist, befindet sich nämlich hier an der innern, konkaven Seite der Windungen, mithin in einer Lage, welche derjenigen bei allen übrigen Ammonitiden entgegengesetzt ist. Hand in Hand damit tritt auch eine wesentliche Umgestaltung der Suturen ein; statt des charakteristischen Lobus an der Externseite ist ein solcher konstant auf der Internseite an dem Sipho, während auf der Externseite sich wechselnd bald ein Lobus, bald ein Sattel befindet.

Diese sehr abweichenden Merkmale verursachten bedeutende Meinungsverschiedenheiten über die Bedeutung der Clymenien, welche bald zu den Nautiliden, bald zu den Ammonitiden gestellt wurden. Entscheidend für diese Frage ist jedoch der Anfang der Schalenbildung, wie wir sie durch die Untersuchungen von Branco kennen; dieselbe zeigt eine blasige Anfangskammer, in der ersten Jugend ist ein Externlobus vorhanden, der Sipho liegt ganz an der Außenseite und rückt erst mit zunehmendem Alter an die konkave Innenseite der Windung (s. Abbildung, S. 121). Mit andern Worten, in der Jugend ist Clymenia ein typischer Ammonit und nimmt erst im Alter abweichende Merkmale an, wir müssen sie

Digitized by Google

also als einen aberranten Seitenzweig der Ammonitiden betrachten. Merkwürdigerweise begegnet uns unter den echten Ammoniten ein ganz entgegengesetzter Fall, indem gewisse Formen derselben in früher Jugend den Sipho auf der internen Seite der Windung tragen, wie die ausgewachsenen Clymenien, und erst im weitern Verlaufe der Entwickelung denselben nach der Externseite in die für die Ammoniten charakteristische Stellung hinüberschieben.

Unter den **Krustaceen** ist ein entschiedener Rückgang der Trilobiten hervorzuheben; eine ganze Anzahl wichtiger Gattungen ist ausgestorben, und nicht eine einzige neue stellt sich ein; immerhin sind noch im ganzen über 200 verschiedene Arten vorhanden, von denen die Mehrzahl auf die Genera Dalmanites, Phacops, Homalonotus, Proëtus und Bron-



Clymenien aus schlesischem Oberdevon. (Nach Tietze und Römer.) 1. Clymenia undulata. — 2. Clymenia binodosa. — 3. Clymenia paradoxa. — 4. Kammerscheidewand von Clymenia undulata. Vgl. Text, S. 123.

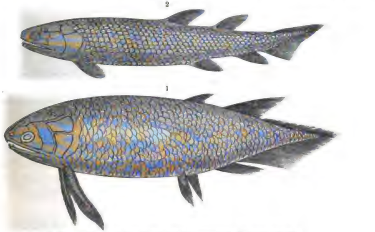
teus kommt. Die Eurypteriden sind noch in vollster Blüte, Ostrakoden und Ceratiocariden vielfach vertreten.

Ihren wichtigsten Charakter erhält die Devonfauna durch das Auftreten der **Fische**, welche wenigstens nach der gewöhnlichen Auffassung im Silur nur ziemlich spärlich vorkommen und erst im Devon in größerer Mannigfaltigkeit. Mit ihnen gewinnt der höchst organisierte Typus, der Stamm der Wirbeltiere, zum erstenmal größere Bedeutung. Fremdartige Gestalten, weit abweichend von der Mehrzahl der heute lebenden Formen, setzen diese uralte Fischfauna zusammen; in der Jetztzeit gehört die überwiegende Mehrzahl aller Arten der Ordnung der Teleostier oder Knochenfische an, z. B. alle die gewöhnlichen Typen: Hechte, Karpfen, Forellen, Lachse, Aale, Heringe, Sardellen, Kabeljaus 2c.; daneben sind etwas reichlicher nur noch die Selachier vertreten, welche die Haifische und Rochen umfassen, während alle andern Abteilungen, nämlich die Ganoiden oder Schmelzschupper, die Lungenfische, die Myxinoiden und die Lanzettfische, nur wenige Gattungen aufzuweisen haben. Ganz anders verhält es sich im Devon; die Knochenfische fehlen hier noch vollständig und treten erst in weit spätern Bildungen auf. Eine bedeutende Rolle scheinen haifischartige Selachier gespielt zu haben, allein leider liefert diese Abteilung keine vollständigen fossilen Überreste. Wirbelsäule und Schädel sind hier nicht verknöchert, sondern knorpelig und

Digitized by Google

werden daher nur in den seltensten Fällen erhalten. Ebenso fehlt es der Körperoberfläche an kräftigen Schuppen, statt derselben finden sich vielmehr zahllose mikroskopische Knochenkörner der Haut eingelagert, wodurch diese eine rauhe Beschaffenheit bekommt und das sogenannte Chagrin bildet, das bei fossilen Formen ebenfalls zerstört ist. Infolgedessen findet man in der Regel nur zweierlei Reste von haifischähnlichen Tieren, nämlich vereinzelte Zähne und jene oft sehr kräftigen knöchernen Stacheln, welche bei sehr vielen Formen am Anfange der Flossen stehen. Leider läßt sich aus solchen dürftigen Resten kein genaues Bild des Tieres ableiten, und so können wir nicht viel mehr sagen, als daß Haie seit sehr alter Zeit in Menge vorhanden waren; aber über die nähere Beschaffenheit gerade der ältesten Vertreter wissen wir überaus wenig.

Sehr viel wichtiger sind dagegen in der devonischen Fauna die Ganoiden, welche in der heutigen Schöpfung durch die Störe, ferner durch den in den Flüssen Afrikas lebenden

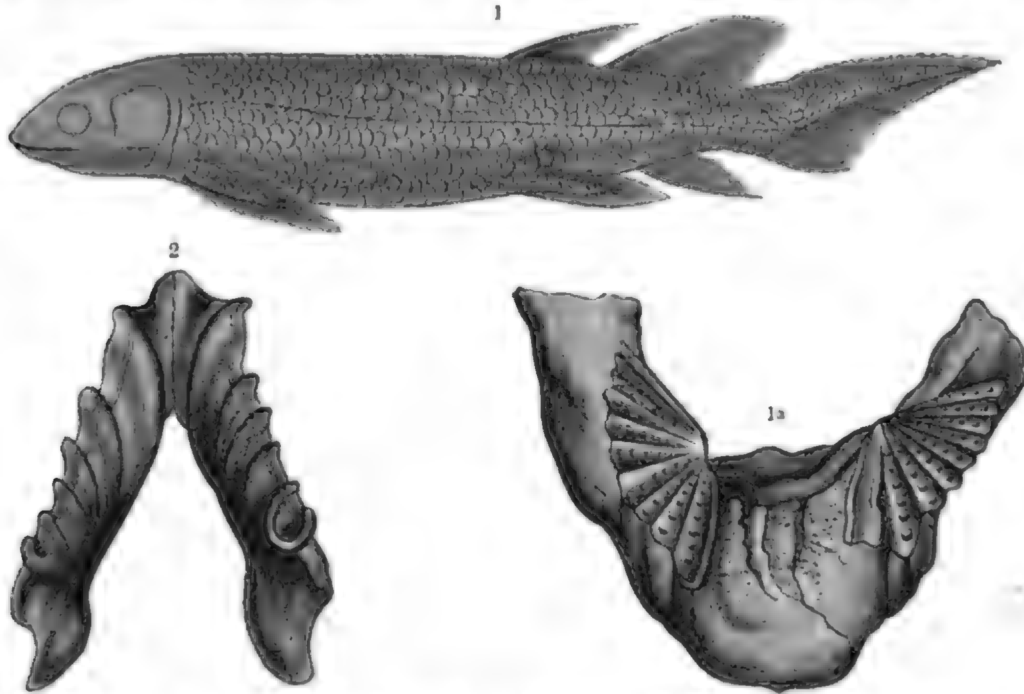


1. Holoptychius. — 2. Osteolepis. (Nach Traquair.) Vgl. Text, S. 127.

Flösselhecht (Polypterus) sowie in süßen Wässern Nordamerikas durch den Knochenhecht (Lepidosteus) und den Kahlhecht (Amia) und wenige andre vertreten sind. Es sind das die geringen Überreste einer früher überaus formenreichen Gruppe, welche in allen Gewässern, im Meere wie in Binnenbecken, verbreitet war und dieselbe Stellung einnahm, welche heute den Knochenfischen zukommt. Die entscheidenden Merkmale, welche die Ganoiden von den Teleostiern trennen, sind allerdings in der anatomischen Beschaffenheit der Weichteile, in der Entwickelung des großen vom Herzen ausgehenden Arterienstammes, des Darmes, der Sehnerven gelegen und können daher bei den fossilen Vorkommnissen nicht beobachtet werden. Es macht sich das in mesozoischen Ablagerungen bei gewissen Übergangsformen unangenehm geltend, bei der großen Mehrzahl der Typen treten aber auch in der äußern Erscheinung so bezeichnende Eigentümlichkeiten bei den Ganoiden auf, daß keine Verwechselung möglich ist. Vor allem sind die Schuppen in hohem Grade charakteristisch, indem dieselben mit einer glatten, glänzenden Schmelzschicht überzogen und meist von rautenförmigem, seltener gerundetem Umrisse sind. Es gilt das namentlich von den geologisch ältern Formen, während z. B. in der Jetztwelt die Störe keine Schuppen, sondern große, reihenförmig angeordnete Knochentafeln tragen. Eine andre, für sehr viele Ganoiden bezeichnende

Eigentümlichkeit besteht in der Ausbildung der Flossenstacheln, welche in der Regel an der Vorderseite mit kleinen, spitzen, dachziegelförmig angeordneten Stacheln (Fulcra) besetzt sind.

Wir können in der allmählichen Entwickelung der Ganoiden die fortschreitende Verknöcherung des Skeletes beobachten, welches bei den ältesten Typen noch ganz knorpelig



1. Dipterus Valenciennesi, aus dem alten roten Sandsteine von Schottland. (Nach Traquair.) 1a. Kauplatten desselben. — 2. Kauplatten des lebenden Ceratodus. Vgl. Text, S. 127.

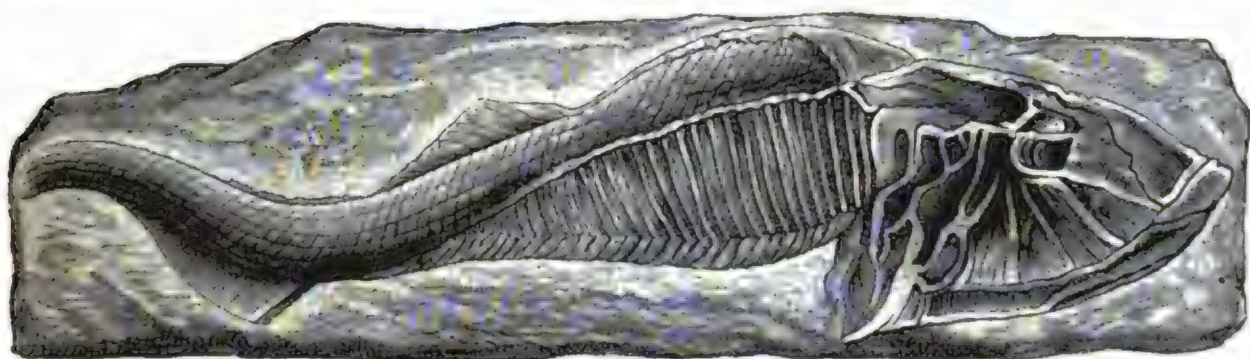
ist. Bei manchen Typen allerdings, wie bei den Stören, ist bis heute noch keine Verknöcherung eingetreten, bei andern aber können wir die Fortschritte dieses Prozesses verfolgen: in der Wirbelsäule sind es die Bogenstücke und die mit ihnen verbundenen Dornfortsätze,

Acanthodes. (Nach F. Römer.) Das abgebildete Exemplar stammt aus der Kohlenformation. Vgl. Text, S. 127.

welche hierin vorangehen, während die Wirbelkörper noch ohne mineralische Bildung sind; bei solchen Formen sieht man dann bei guter Erhaltung die obern und untern Fortsätze zu langen Reihen angeordnet, während die Wirbelkörper bei der Fossilisation verschwinden und infolgedessen zwischen den beiden Reihen der Fortsätze ein leerer Raum bleibt (vgl. den Schweif von Coccosteus, S. 129).

Eine weitere Eigentümlichkeit der meisten geologisch ältern Ganoiden besteht in der Ausbildung der Schwanzflosse, welche in der Regel ungleichlappig (heterocerk) ist, und bei welcher der obere Lappen das Ende der Wirbelsäule ganz aufnimmt. Bei den Stören hat sich diese Ausbildung erhalten, während bei vielen der jüngern Ganoiden die beiden Lappen gleich sind (homocerk) und das Ende der Wirbelsäule sich wie bei den Knochenfischen nur ganz unbedeutend gegen oben aufkrümmt.

Unter den Ganoiden ist namentlich die eigentümliche Familie der Krossopterygier stark vertreten, bei welchen die paarigen Brust- und Bauchflossen, die Analoga der Arme und Beine bei den höhern Wirbeltieren, mit einem schuppentragenden Schafte versehen sind. Diese große Abteilung, die heute durch den Flösselhecht der afrikanischen Flüsse repräsentiert ist, zählt im Devon eine Menge ausgezeichneter Vertreter. Hierher gehören die stattlichen Holoptychius und Glyptolepis mit großen, gerundeten, durch erhabene Linien verzierten Schuppen, Diplopterus und Osteolepis mit rautenförmigen Schuppen und eine Reihe andrer (s. Abbildung, S. 125). Endlich sind hierher die sogenannten Ktenodipterinen



Cephalaspis Lyelli. Vgl. Text, S. 128.

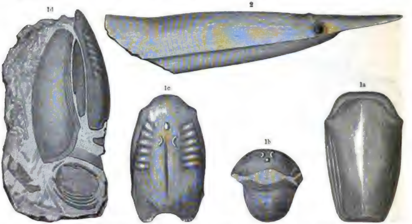
zu rechnen, welche namentlich dadurch ausgezeichnet sind, daß die Bezahnung aus großen, dreieckigen Zahnplatten besteht; sowohl in der Gestalt dieser letztern als in den übrigen Merkmalen haben diese Formen, z. B. die Gattung Dipterus (s. Abbildung, S. 126 oben), große Ähnlichkeit mit den jetzt lebenden Lungenfischen und namentlich mit dem in den Flüssen der australischen Kolonie Queensland vorkommenden Ceratodus und dürfen bestimmt als deren Vorfahren betrachtet werden.

Eine für den Paläontologen im höchsten Grade interessante Formengruppe bilden die kleinen Fische aus den Gattungen Acanthodes und Chiracanthus, welche in erster Linie durch ihre auf der Außenseite des Kopfes gelegenen unbedeckten Kiemen an die Embryonen der jetzigen Fische erinnern. Noch bemerkenswerter werden diese Tiere dadurch, daß sie Bindeglieder zwischen zwei sonst scharf voneinander geschiedenen Abteilungen, den Haien und ihren Verwandten einerseits und den Ganoiden anderseits, darstellen. An dem knorpeligen Kopfe sind die Augen stark nach oben gerückt, die Schuppen sind zwar rautenförmig, aber so überaus klein, daß sie an die Chagrinkörner in der Haut der Haifische erinnern, und die an allen Flossen vorhandenen Stacheln ohne Fulcra (s. Abbildung, S. 126 unten).

Wenn diese Formen bei allem wissenschaftlichen Interesse, das sie bieten, äußerlich auf den ersten Blick wenig auffallend und fremdartig vorkommen mögen, so vereinigt die Gruppe der Panzerfische oder Plakodermen, die bald als selbständige Ordnung, bald als eine Unterabteilung der Ganoiden betrachtet werden, wohl die abenteuerlichsten Fischformen in sich, die jemals gelebt haben. Sie sind alle durch das Vorhandensein mächtiger Knochenplatten ausgezeichnet, welche entweder den ganzen Kopf und Rumpf mit einem festen Küraß umschließen, oder nur die Oberseite des erstern bedecken. Bei Cephalaspis ist der

Kopf von einem mächtigen, halbkreisförmigen Schilde gedeckt, der gegen hinten in Hörner ausgezogen ist, und in dessen Mitte dicht nebeneinander die Öffnungen für die Augen stehen. In grellem Mißverhältnisse zu dieser gewaltigen Entwickelung befindet sich der schmächtige Körper, der vorn mit ziemlich großen, länglichen, hinten am Schwanze mit kleinen, rautenförmigen Schmelzschuppen bedeckt war.

Noch eigentümlicher sind die Pteraspiden, deren Reste die verschiedensten Deutungen als innere Knochen von nackten Cephalopoden, als Krebspanzer und endlich als Schilder von Plakodermen erfahren haben (s. untenstehende Abbildung). Bei ihnen sind Kopf und Rumpf von oben und von unten durch je eine sehr große, ovale, gewölbte Panzerplatte gedeckt, während der Schwanz mit ziemlich kleinen Ganoidschuppen bekleidet gewesen zu sein scheint. Lange Zeit hatte man die Zusammengehörigkeit der beiden großen Brust- und Rückenschilder



1a bis 1d. Pteraspis, aus einem silurischen Diluvialgeschiebe von Berlin. (Nach Kunth.) 1a. von unten — 1b. von vorn — 1c. von oben — 1d. von der Seite. — 2. Pteraspis, aus dem Devon von Ostgalizien. (Nach Alth.)

nicht erkannt und sie als verschiedene Gattungen, die einen als Scaphaspis, die andern als Pteraspis oder Cyathaspis, beschrieben, bis Kunth die Zusammengehörigkeit beider nachwies.

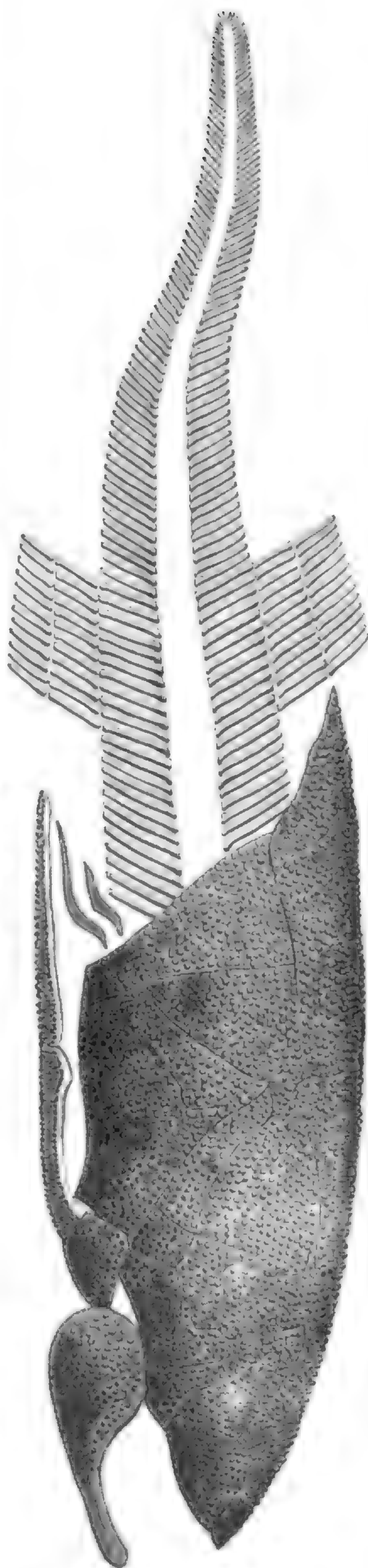
Auch bei den Pterichthyiden, welche namentlich durch die kleinen Pterichthys, den ziemlich stattlichen Coccosteus und den mächtigen, mit scharfem Gebisse ausgestatteten Dinichthys vertreten sind, ist ebenfalls der ganze Kopf und Rumpf kräftig geharnischt, aber diese Rüstung aus einer größern Zahl streng gesetzmäßig angeordneter Platten zusammengesetzt. Einige Platten, kleiner als die übrigen, bilden den „Helm", welcher den Kopf schützt, während der Panzer des Rumpfes aus wenigen großen Stücken besteht. Die Oberfläche desselben ist mit kleinen, erhabenen Punkten übersäet, von welchen nach allen Seiten sternförmig kurze Linien ausstrahlen, eine Verzierung, durch welche selbst kleine Bruchstücke dieser Platten leicht kenntlich werden (Asterolepis). Bei Pterichthys sind am Vorderteile zwei kräftige, säbelförmige Brustflossen eingelenkt, welche ebenfalls vollständig gepanzert sind, während der Schwanz schwache Ganoidschuppen trägt (s. Abbildung, S. 130 links). Bei Coccosteus fehlen die starken Brustflossen, und der Schwanz war, wie es scheint, ohne alle Beschuppung (s. Abbildung, S. 129). Bei gewöhnlicher Erhaltung ist derselbe ganz verschwunden, nur bei ganz besonders schönen Exemplaren sieht man die verknöcherten Dornfortsätze

der Schwanzwirbel zu zwei Reihen angeordnet und, an sie anschließend, die Knochenstrahlen der unpaarigen Rücken- und Afterflosse.

Bei allen Panzerfischen finden wir einen ganz auffallenden Gegensatz zwischen dem großen, mächtig beschirmten Vorderteile und dem schmächtigen, höchstens schwach beschuppten Hinterteile, und es muß das wohl mit der Lebensweise dieser Tiere zusammenhängen. Nach Analogie gewisser jetzt lebender Formen, bei welchen ein ähnliches Verhältnis besteht, dürfen wir annehmen, daß sie, mit dem Hinterteile im Schlamme und Sande eingewühlt, am Boden des Wassers ruhig auf Beute lauerten; beim Angriffe irgend eines andern Tieres war daher nur der vordere Teil zunächst der Gefahr ausgesetzt und bedurfte eines Schutzes, während dies bei dem im Grunde eingewühlten Schwanze nicht der Fall war.

Außer den Fischen glaubte man früher auch noch die **Reste höherer Wirbeltiere**, kleiner, eidechsenartiger Reptilien, gefunden zu haben. Man entdeckte dieselben in den roten Sandsteinen von Elgin in Schottland, welche als devonisch galten, und das Telerpeton Elginense erhielt dadurch, als der frühste Repräsentant einer so hoch organisierten Abteilung, große Berühmtheit und fand sich als solcher in allen geologischen Werken citiert und abgebildet. Spätere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß die Sandsteine von Elgin weit jünger sind und wahrscheinlich der Trias angehören. Wenn es auch durchaus nicht unmöglich, ja sogar ziemlich wahrscheinlich ist, daß höhere Tiere als Fische im Devon schon gelebt haben, so kennen wir doch heute keine Spur von solchen, und es ist notwendig, hier darauf aufmerksam zu machen, da trotz alledem das Telerpeton in einzelnen neuern Büchern noch immer als devonisches Reptil figuriert.

Meerespflanzen sind nur sehr wenig bekannt und die meisten ihrer Bedeutung nach sehr zweifelhaft. Für manche Ablagerungen charakteristisch und namentlich in Amerika sehr verbreitet ist das eigentümlich spiralig gedrehte Spirophyton, welches in der Regel zu den Algen gerechnet wird (s. Abbildung, S. 130 rechts). Etwas weniger dürftig, als das beim Silur der Fall war, sind die aus dem Devon bekannten Reste der **Festlandsorganismen**: aus dem Harze, aus Thüringen, Belgien, Irland und vor allem aus Nordamerika werden ziemlich



Coccosteus. Vgl. Text, S. 128.

zahlreiche Landpflanzen erwähnt, Farne, Schachtelhalme, den Bärlappgewächsen verwandte Sigillarien und Lepidodendren, endlich das in Amerika sehr häufige, seiner wahren Natur nach aber noch sehr zweifelhafte Psilophyton, fast der einzige Typus, der als dem Devon speziell eigentümlich betrachtet werden kann. Alles andre sind Vorläufer jener Gruppen, welche in der Kohlenformation ungleich reicher entwickelt, häufiger und verbreiteter auftreten, und die wir daher später wenigstens in den wichtigsten Hauptzügen überblicken werden.

Pterichthys. Vgl. Text, S. 128.

Von den Tieren des festen Landes zur devonischen Zeit wissen wir überaus wenig. Funde von Landkonchylien sind nicht hinlänglich sichergestellt. Dagegen haben die devonischen Ablagerungen von Neu-Braunschweig in Britisch-Nordamerika Spuren von Insekten geliefert, allerdings leider Spuren der dürftigsten Art, Fetzen der geäderten Flügel von Netzflüglern und verwandten Formen, deren sichere Deutung bei dem trübseligen Erhaltungszustande kaum möglich ist. Außerdem werden vereinzelte Reste von Tausendfüßen erwähnt. Es genügen diese Funde eben, um zu zeigen, daß die Festländer jener Zeit Tierleben beherbergten. Vielleicht werden künftige glückliche Funde, die Entdeckung günstiger Lokalitäten unsre Kenntnis erweitern, heute aber ist es noch nicht möglich, sich aus jenen dürftigen Fragmenten auch nur eine annähernde Vorstellung von der Beschaffenheit der damaligen Landfauna zu machen.

Spirophyton, aus dem rheinischen Devon. (Nach E. Kayser.) Vgl. Text, S. 129.

Entwickelung und Verbreitung des Devon.

Gleich dem Silur, kennen wir auch das Devon in außerordentlich weiter Verbreitung. Vor allem sind es die Rheinlande und die angrenzenden Gebiete von Belgien, in welchen die ausgezeichnetste Vertretung der Formation auf dem europäischen Kontinente vorhanden ist. In Deutschland sind außerdem noch Vorkommnisse aus dem Harze, aus Thüringen, dem Fichtelgebirge und aus Schlesien zu nennen. In Böhmen sind nur die tiefern Horizonte vorhanden, dagegen liefern Mähren, die Umgebung von Krakau, das Dnjestrgebiet und das polnische Mittelgebirge bei Kielce wohlentwickelte Repräsentanten. In den Alpen sind namentlich aus der Umgebung von Graz und aus Kärnten und Krain Devonbildungen bekannt. Im westlichen Europa kennt man Vertreter unsrer Formation in verschiedenen Gegenden von Spanien und Portugal, aus dem südlichsten und aus dem nördlichen

Digitized by Google

Frankreich, vor allem aber aus England, von wo der Name der Formation ausgegangen ist. In Skandinavien treten dagegen devonische Ablagerungen nur in sehr geringer Ausdehnung auf, sie beschränken sich auf ein wenig bedeutendes und noch ziemlich zweifelhaftes Vorkommen von rotem Sandsteine im südlichen Norwegen. Dafür ist ein großer Teil des europäischen Rußland von devonischen Ablagerungen gebildet. Von sonstigen europäischen Vorkommnissen sind noch vereinzelte in den Karpathen und weiter ausgedehnte Ablagerungen in der Umgebung von Konstantinopel zu erwähnen.

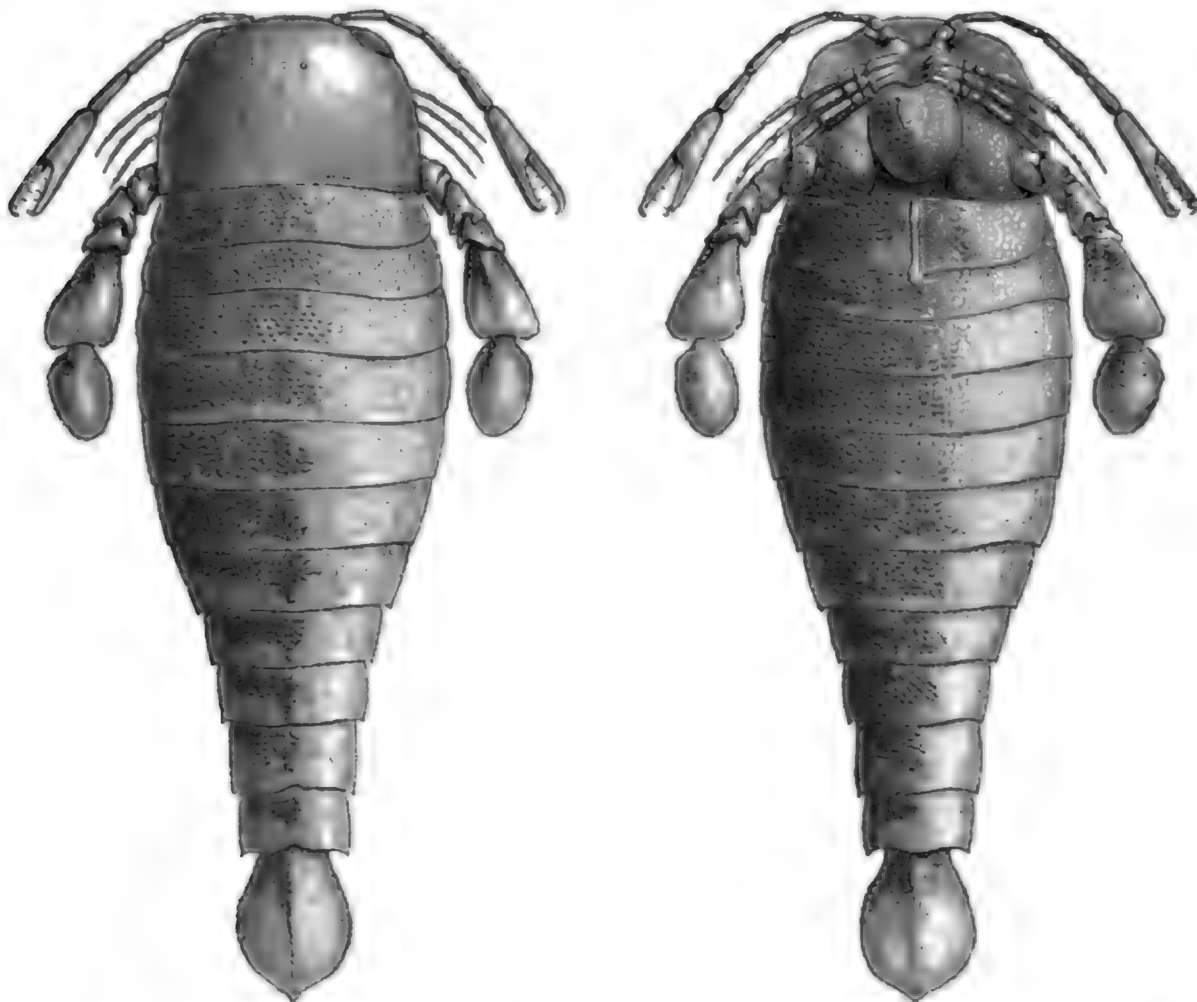
Auch außerhalb Europas ist das Devon weit verbreitet. Sibirien, Persien, Indien und China haben in Asien Vertreter geliefert, in Afrika sind Mursuk im Norden und das Kapland im Süden zu nennen, und auch aus Australien kennen wir devonische Fossilien. In Südamerika tritt das Devon namentlich in Bolivien und Brasilien auf, außerdem aber auch auf den östlich von Kap Horn gelegenen Falklandinseln, deren Fauna eine auffallende Ähnlichkeit mit derjenigen der gleichalterigen Ablagerungen in Südafrika zeigt. Vor allem aber ist Nordamerika wie für das Silur, so auch für das Devon, was Mächtigkeit und Verbreitung anlangt, das klassische Land: vom atlantischen bis zum pazifischen Strande treten an zahllosen Punkten devonische Bildungen auf, und sie scheinen bis weit über den Polarkreis zu den Inseln des hohen Nordens hinaufzureichen; auch aus Spitzbergen ist neuerdings Devon bekannt geworden.

Einen Unterschied zwischen verschiedenen geographischen Provinzen, speziell zwischen einer europäischen Nord- und Südzone, wie im Silur, können wir im Devon nicht durchführen, höchstens ließe sich auf der südlichen Halbkugel ein in seiner Fauna eigenartiges und mit andern Vorkommnissen kontrastierendes Gebiet unterscheiden, welches durch die Ablagerungen im Kaplande und auf den Falklandinseln repräsentiert wird; doch sind die Anhaltspunkte für eine solche Auffassung vorläufig noch etwas zu dürftig. Dagegen tritt uns hier im Devon zum erstenmal ein Unterschied andrer Natur entgegen. In den meisten Gegenden enthalten die Gesteine, soweit sie überhaupt fossilführend sind, massenhafte Reste niederer Meerestiere, namentlich von Korallen, Krinoiden, Brachiopoden, Mollusken und Trilobiten; Kalke, Thonschiefer, grauwackenartige Sandsteine von grauer und brauner Farbe bilden die herrschenden Felsarten. Ein ganz andres Bild zeigen uns dagegen die Ablagerungen in England, abgesehen von seinem südwestlichsten Ende, ferner in Schottland und in einem Teile von Irland. Hier treten ungeheure Massen von roten Sandsteinen und Mergeln auf, deren Mächtigkeit in England auf mehr als 3000 m angeschlagen wird; alle jene zahlreichen Reste von zweifellosen Meerestieren fehlen hier vollständig, es erscheinen, immerhin selten genug, aber doch in großer Verbreitung, solche Typen, welche in andern Gegenden nur ganz ausnahmsweise und vereinzelt vorkommen. Eine große Anzahl von Fischen, große Eurypteriden, vor allen der riesige Pterygotus anglicus (s. Abbildung, S. 132), endlich Landpflanzen sind die Organismen, welchen wir hier begegnen.

Die Verschiedenheit dieser zweierlei Ausbildungsarten ist eine so große, daß vielfache Zweifel laut wurden, ob dieser alte rote Sandstein oder old red sandstone, der „old red", wie er von den Geologen gewöhnlich kurzweg genannt wird, wirklich ein Altersäquivalent der marinen Devonschichten sei. Erst als man vereinzelt die charakteristischen Fische des old red auch in den Kalken der Eifel und an andern Orten fand, und als man sich überzeugte, daß in den russischen Ostseeprovinzen beiderlei Entwickelungsarten ineinander eingreifen und sich mengen, wurde die Überzeugung von der Richtigkeit dieser Auffassung eine allgemeine.

Damit tritt sofort die Frage an uns heran, wodurch denn der Unterschied zwischen dem normalen Devon und dem alten roten Sandsteine bedingt ist. Es ist das ein Problem von um so größerer Tragweite, als derselbe Gegensatz zwischen der fossilreichen Kalk- und

Thonfacies einerseits und der fossilarmen, Fische und andre Wirbeltiere enthaltenden Ausbildung der roten Sandsteine und Mergel anderseits uns noch mehrfach, namentlich im Perm und in der Trias, begegnen wird. Vielfach nimmt man an, daß die roten Sandsteine sich in Binnenseen mit süßem oder wenig gesalzenem Wasser abgelagert haben, und für dessen devonische Repräsentanten wird diese Ansicht namentlich von englischen Geologen vertreten. Wohl läßt sich nicht verkennen, daß ein großer Teil der Gründe, welche hierfür vorgebracht werden, durchaus nicht stichhaltig ist: weder der Charakter der Fischfauna, noch das lokale Auftreten eingeschwemmter Landpflanzen, noch die rote Farbe der Gesteine sind in dieser



Pterygotus anglicus, aus dem alten roten Sandsteine Schottlands; stark verkleinert. (Nach Woodward.) Vgl. Text, S. 131.

Richtung von entscheidender Bedeutung, während jedenfalls das Fehlen aller sicher marinen Formen von größerer Wichtigkeit ist. Vor allem ist jedoch zu berücksichtigen, daß die old red-Ablagerungen verhältnismäßig kleiner Bezirke in ihrer Gesteinsentwickelung wie in ihren Versteinerungsresten bedeutend voneinander abweichen, woraus man mit einiger Wahrscheinlichkeit schließen kann, daß dieselben in beschränkten Becken abgelagert worden seien. A. Geikie hat sogar die Lage dieser einzelnen Seen nachzuweisen gesucht, wenn auch natürlich nicht deren Abgrenzung in ihrem ganzen Umfange. Aus dem Walliser See setzten sich die roten Sandsteine von Wales und den angrenzenden Teilen von England ab, aus dem Kaledonischen See die Bildungen im mittlern Schottland und in Irland, dem Orkadischen See entsprechen die Ablagerungen im nördlichsten Schottland, auf den Orkney- und Shetlandinseln, und außerdem werden noch einige kleine Seen unterschieden. Dem

Orkadischen See sollen möglicherweise auch die Fragmente von wahrscheinlich devonischen Sandsteinen und Konglomeraten angehören, welche im südlichen Norwegen auftreten. In diesem Falle müßte man annehmen, daß dieser See mit seiner Umrandung sich quer über die heutige Nordsee erstreckt hat.

Wenn diese Annahme sich bestätigt, so müßten wir eine Anzahl mächtiger Becken voraussetzen, wie sie etwa heute die großen Seen in Nordamerika oder in Zentralafrika darstellen. Aber wenn diese Annahme auch die wahrscheinlichste ist, so stellen sich doch auch gewisse Schwierigkeiten ein. Vor allem müssen wir die ungeheure Ausdehnung des alten roten Sandsteines berücksichtigen. Ähnliche Bildungen treten, wie erwähnt, in den russischen Ostseeländern auf, ferner in Nordamerika, und die neuesten Untersuchungen von Nathorst haben gezeigt, daß auch die sogenannten Heklahookschichten auf Spitzbergen nichts andres sind als old red. Damit wächst die räumliche Ausdehnung dieser Vorkommnisse denn doch weit über die Grenzen hinaus, die wir für Binnenseen voraussetzen dürfen; eher ließe sich an ein sehr großes Binnenmeer denken, welches mit dem Ozeane in offener, aber beschränkter Verbindung stand und dem Fortkommen mariner Korallen, Konchylien ꝛc. ungünstig war.

Schwierigkeiten bietet auch die außerordentlich große Mächtigkeit des old red, welche so bedeutend ist, daß man sich von der Art und Weise der Umwallung eines so ungeheuer tiefen Beckens schwer eine Vorstellung machen kann. Doch steht dieser Fall, wenn wir auch diese Schwierigkeit heute nicht lösen können, nicht vereinzelt da, und wir kennen ganz entschiedene Süßwasserbildungen, z. B. die jungtertiären Sivalikablagerungen in Indien, welche dieselbe Dicke erreichen.

Auch im old red Schottlands treten Bildungen auf, welche von vielen Geologen mit Eiswirkungen in Zusammenhang gebracht werden; es finden sich Konglomerate, deren Steine die verschiedenste Größe zeigen und der Mehrzahl nach nicht abgerundet, sondern stumpfkantig sind, also die charakteristischen Merkmale des reinen Transportes durch Wasser nicht zeigen. Überdies bildet das Bindemittel der Konglomerate ein thoniges Gestein, und die Blöcke zeigen sich teilweise gekritzt, so daß also alle die gewöhnlichen Charaktere einer Gletscherbildung zusammentreffen. Wenn aber auch manche Bedenken gegen die Annahme devonischer Gletscher und Eisberge vorgebracht werden können, so muß doch wie beim Silur anerkannt werden, daß nach dem heutigen Stande unsers Wissens kein andrer Weg bekannt ist, auf welchem solche Ablagerungen entstehen könnten. Wir müßten uns im Sinne der Erklärung durch Eiswirkung etwa vorstellen, daß die schottischen Hochlande, welche heute die Sandsteine des kaledonischen und des orkadischen Gebietes trennen, nur noch die schwachen Reste eines durch Denudation jetzt größtenteils abgetragenen riesigen Hochgebirges waren, welches in devonischer Zeit zwischen zwei großen Buchten eines Binnenmeeres sich erhob, und von dessen Höhen Gletscherströme sich nach abwärts bewegten. Entspricht dieses Bild der Wirklichkeit, oder ist es ein haltloses Phantasiegebilde? Das zu entscheiden, sind wir heute noch nicht befähigt, aber wir müssen die Möglichkeit solcher Zustände jedenfalls im Auge behalten.

Man würde übrigens irren, wenn man glauben wollte, daß der alte rote Sandstein ein ganz genaues Zeitäquivalent der rein marinen Devonablagerungen darstelle. In einigen Gegenden liegt derselbe allerdings ganz regelmäßig, bisweilen sogar diskordant über den jüngsten Schichten des Silur (s. Abbildung, S. 134); stellenweise wird er auch in normaler Weise von den ältesten Schichten der Kohlenformation bedeckt, und es geht daraus mit Bestimmtheit hervor, daß vielfach das old red genau dem Devon entspricht, und die Hauptmasse des Sandsteines ist auch ganz gewiß devonischen Alters. Damit ist aber natürlich die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß in manchen Gegenden die Bildung des alten roten Sandsteines schon früher begonnen oder etwas länger angedauert habe, daß mithin lokal seine tiefsten Schichten zum Silur, seine höchsten zur Kohlenformation gehören. In der That

scheint das in der mittelschottischen Area, welche der Kaledonische See eingenommen hat, der Fall zu sein. Hier treten dem old red eingeschaltet einzelne Bänke von rein marinen Kalken auf, welche offenbar kurz andauernden Zeiten einer offenen Verbindung mit dem Meere oder sonstiger dem Gedeihen marinen Lebens günstiger Bedingungen entsprechen. Von diesen Einschaltungen wurde eine hoch über der Basis des old red in Lanarkshire beobachtet, welche Graptolithen und andre obersilurische Versteinerungen enthält, während eine andre Kalkeinlagerung auf der Insel Arran, die im obern Teile des Sandsteines liegt, eine Menge von charakteristischen Fossilien des Kohlenkalkes führt[1]. Hier umfassen also die Ablagerungen des old red nicht nur das ganze Devon, sondern auch die obersten Teile des Silur und die untersten der Kohlenformation, und die vollständige Gleichstellung von Devon und altem roten Sandsteine, wie sie in der Regel angenommen wird, ist demnach nicht ganz richtig.

Alter roter Sandstein, diskordant auf oberm Silur, von Sibyl Head an der englischen Küste. (Nach Murchison.) Vgl. Text, S. 133.

Die Gliederung des old red in einzelne Horizonte hat noch wenige Fortschritte gemacht, und bei den außerordentlichen Schwierigkeiten, welche durch die große Armut an Versteinerungen und den wechselnden Gesteinshabitus erzeugt werden, ist es auch sehr begreiflich, daß man bisher noch nicht weiter gekommen ist. Im allgemeinen unterscheidet man zwei Abteilungen, welche durch eine Anzahl von paläontologischen Merkmalen ausgezeichnet sind. In der untern Hälfte finden sich vor allem die riesigen Krustaceen aus der Ordnung der Eurypteriden, namentlich der fast 2 m lange Pterygotus anglicus, ferner Slimonia und andre; unter den Panzerfischen tritt vor allen Cephalaspis mit seinem gewaltigen Kopfschilde und dem schmächtigen Leibe hervor, ferner die Pteraspiden, bei welchen Rücken und Bauch durch je eine große Panzerplatte gedeckt war, ferner die Gattung Coccosteus, deren unbewehrter Schwanz so eigentümlich gegen den schweren Harnisch an Kopf und Rumpf kontrastiert. In der Oberregion dagegen hat namentlich Pterichthys, diese seltsamste Form unter allen Fischen, die je gelebt haben,

[1] Es fällt nicht in den Bereich eines populären Werkes, die wichtigen Folgerungen weiter auszuführen, welche aus diesen viel zu wenig beachteten Thatsachen hervorgehen. Weitern Untersuchungen muß die schwierige Aufgabe zufallen, im mittlern Schottland die Grenze zwischen Silur, Devon und Karbon und die Fauna jeder dieser Formationen festzustellen. Es wird sich dann zeigen, ob nicht unsre Vorstellung von der Fischfauna des Obersilur dadurch eine totale Umgestaltung zu erleiden hat, und ob nicht die Fischfauna im Obersilur der Insel Ösel aufhören wird, eine Ausnahme darzustellen. Möglicherweise werden uns Panzerfische und Ganoiden als Typen erscheinen, die sich ursprünglich in Binnenmeeren entwickelten und erst sekundär im offenen Meere ausbreiteten, in welchem die Plakodermen nie recht heimisch wurden. Damit werden auch die Folgerungen hinfällig, welche Barrande aus der Fischfauna des Obersilur gegen die Deszendenzlehre hat ableiten wollen.

sowie die durch ihre sehr großen, gerundeten Schmelzschuppen ausgezeichnete Ganoidengattung **Holoptychius** ihre hauptsächlichste Verbreitung.

Ein vollständig von dem des alten roten Sandsteines verschiedenes Bild bieten die devonischen Ablagerungen im südwestlichsten Teile von England, in Devonshire und einigen anstoßenden Landstrichen. Wir finden hier die normalen marinen Ablagerungen, deren lokale Entwickelung als der historische Typus des Devon und wegen der Nähe des old red von Wichtigkeit ist[1]; im übrigen aber sind diese Vorkommnisse so wenig verbreitet und mächtig, die Gliederung eine ärmliche, die Fauna dürftig und die Lagerungsverhältnisse bis zur Unkenntlichkeit verwickelt, daß sie nur wenig Interesse bieten, zumal sich in jeder Beziehung große Übereinstimmung mit der ungleich reichern Ausbildung am Rheine zeigt, deren verkümmerte Ausläufer uns in Devonshire entgegentreten.

Weitaus das wichtigste Devonterrain in Europa ist dasjenige der Rheinlande, welches eine Fläche von mehreren Hundert Quadratmeilen zu beiden Seiten des Stromes einnimmt und sich von da noch weithin nach Belgien und Nordfrankreich fortsetzt. Taunus, Hunsrück, Hochwald, Soonwald, Idarwald, Eifel, Westerwald, Sauerland und Hohes Venn sind innerhalb der deutschen Grenzen ganz oder größtenteils aus hierher gehörigen Gesteinen zusammengesetzt, und eine ähnliche Rolle spielen dieselben in der westlichen Fortsetzung im französisch-belgischen Ardennengebiete. In allen Gegenden ist die Entwickelung eine trotz mancher Abweichungen in den Einzelheiten doch in der Hauptsache übereinstimmende. Das Unterdevon besteht mit geringen Ausnahmen aus ziemlich versteinerungsarmen Quarziten, Thonschiefern, Sandsteinen und Grauwacken mit nur geringen und wenig verbreiteten Einlagerungen von Kalk, in welchen das organische Leben etwas reicher hervortritt. Besonders wichtig sind die innigen Beziehungen, in welchen manche dieser Bildungen, namentlich im Gebiete des Taunus, mit echt kristallinischen Schiefern stehen. Untrennbare Übergänge verbinden beide miteinander, und es konnten diese merkwürdigen Verhältnisse bei Besprechung der kristallinischen Schiefer als eins der bemerkenswertesten Beispiele für die Umwandlung der Gesteine unter dem Einflusse der gebirgsbildenden Kräfte hervorgehoben werden, um so bemerkenswerter, als gerade diese Verhältnisse durch die Arbeiten von Lossen für die Theorie derartiger Umwandlungen zum Ausgangspunkte geworden sind.

Den untersten Horizont des rheinischen Unterdevon bilden versteinerungsarme Quarzite, die sogenannten Taunusquarzite, welche nur an wenigen Lokalitäten eine aus ziemlich wenigen Arten bestehende Fauna geliefert haben; darüber folgen mächtige Thonschiefer mit dünnen, ebenflächigen Ablösungsflächen, die vielfach als Dachschiefer ausgebeutet werden, die sogenannten Hunsrückschiefer, und über diesen das Hauptglied des rheinischen Unterdevon, die sogenannte Koblenzer Grauwacke oder der Spiriferensandstein, eine mächtige Schichtfolge von Grauwacken, Quarziten, Sandsteinen und Thonschiefern, welche unter allen devonischen Ablagerungen weitaus den größten Flächenraum bedecken. Leider sind auch diese Gebilde verhältnismäßig arm an organischem Leben, die Exemplare sind an manchen Stellen in Menge aufgehäuft, aber es ist nur eine geringe Zahl von Arten, welche hier auftritt. Überdies ist das Studium der Formen dadurch wesentlich erschwert,

[1] Die Gliederung des englischen Devon ist folgende:

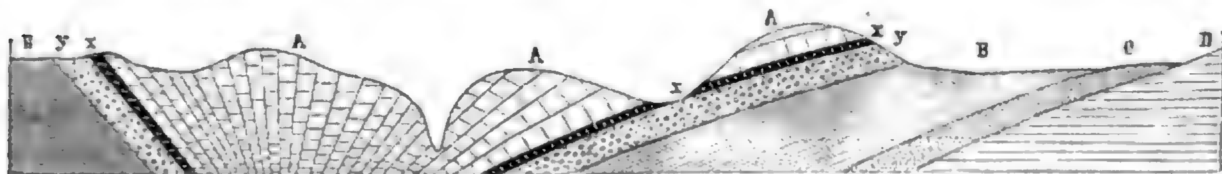
Oberdevon Piltongruppe	Schichten mit Spirifer Verneuili, Clymenienkalke von Petherwine ꝛc., Kalke mit Goniatites intumescens von Cove bei Torquai,
Mitteldevon Ilfracombegruppe	Kalke mit Stringocephalus Burtini, Schichten mit Calceola sandalina von Ogwell,
Unterdevon Lyntongruppe	Schichten von Lynton und Meadsfoot in Devonshire, Schichten von Cove in Cornwallis.

daß die Fossilien ziemlich ausnahmlos ihre Schalen verloren haben und man nur Steinkerne und Abdrücke derselben findet. Zu den häufigsten Versteinerungen gehören ein sehr sonderbarer, exzessiv in die Breite gezogener, „geflügelter“ Brachiopode, Spirifer macropterus, und eine Koralle aus der Abteilung der Tabulaten, Pleurodictyum problematicum (s. die Abbildung, S. 68), die wegen ihrer seltsamen Erscheinung und ihrer interessanten Eigentümlichkeiten besondere Erwähnung verdient. Es ist das eine Form aus der Abteilung der Tabulaten mit breiten, niedrigen Kelchen, deren Wandungen durch grobe Poren miteinander in Verbindung stehen. Da wir es nun mit Steinkernen, mit Ausfüllungsmassen zu thun haben und die Kalkteile des Korallenstockes verschwunden sind, so sehen wir nicht becherförmige Kelche vor uns, sondern deren zapfenförmige Ausfüllungen durch Gesteinsmasse, und die Zwischenräume zwischen den einzelnen Zapfen entsprechen den früher vorhandenen Zellwänden. Zwischen den einzelnen Zapfen sieht man sehr zarte, fadenförmige Gesteinsverbindungen verlaufen, welche nichts andres sind als die Ausfüllung der Poren in den Zellwandungen. Besonderes Interesse verleiht diesen Korallenstöcken ein fast immer an deren Basis vorhandener wurmartig gekrümmter Körper; man dachte ursprünglich daran, daß man es mit einem Teile des Stockes zu thun habe, aber dieses ist nach den Organisationsverhältnissen der Korallen durchaus undenkbar, und wir haben es offenbar wirklich mit der Röhre eines Gliederwurmes, einer Serpula, oder eines ähnlichen Tieres zu thun. Man meinte, daß das Pleurodictyum auf der Serpula aufgewachsen sei, und in der That weiß man, daß in der Jetztwelt gewisse festgewachsene Formen sich immer auf einer ganz bestimmten andern Tierart ansiedeln. Allein eine nähere Betrachtung zeigt, daß die Wurmröhre nicht unter, sondern in dem Korallenstocke sich befindet, daß also ein derartiges Verhältnis unmöglich herrschen kann. Eine weitere Vermutung war nun die, daß der Wurm sich in das Pleurodictyum eingebohrt und die so gebildete Höhlung mit einer Kalkröhre ausgefüttert habe, wie z. B. im Innern einer jetzt lebenden Riffkoralle, der Heteropsammia philippinensis, stets ein Wurm aus der Familie der Sipunkuliden lebt. Allein auch das ist nicht möglich, indem die Wurmröhre nie in eine der Zellen eindringt, sie durchdringt oder verletzt. Wir müssen hier einen Fall von sogenanntem Kommensalismus annehmen, jener eigentümlichen Hausgenossenschaft, wie wir sie in der Jetztzeit mehrfach zwischen Angehörigen ganz verschiedener Abteilungen des Tierreiches finden: der noch ganz kleine Wurm setzte sich zwischen den ersten Zellen der jungen Pleurodictyum-Kolonie fest, und beide wuchsen in gleichem Tempo fort, ohne daß der Wurm nötig hatte, eine der Zellen zu beschädigen. Auf diese Weise können wir einen zufälligen Einblick in den Haushalt von ein paar uralten Geschöpfen gewinnen, eine Szene uralten Tierlebens belauschen, die sich vor ungezählten Millionen von Jahren abgespielt hat.

Über den Koblenzer Grauwacken, innerhalb deren sich verschiedene Horizonte unterscheiden lassen, folgen dann Kalke mit Spirifer cultrijugatus und einer Mischfauna unter- und mitteldevonischer Formen, der Abschluß des Unterdevon gegen oben. Allein nicht an allen Stellen ist die Ausbildung eine so einförmige und fossilarme, örtlich treten andre versteinerungsreiche Gebilde auf, welche für das Verständnis des Devon und seiner Beziehungen von großer Wichtigkeit sind, wenn auch infolge der überaus schwierigen und verwickelten Lagerung deren Verhältnis zu gleichalterigen Ablagerungen noch nicht vollständig klar ist. In erster Linie sind die Thonschiefer von Wissenbach und Rupbach zu nennen, welche eine Menge von Orthoceren, Baktriten, und namentlich von Goniatiten mit sehr einfachem Lobenbau, ferner Trilobiten, Einzelkorallen ꝛc. enthalten. Im äußern Ansehen sehr verschieden, aber wesentlich gleichalterig sind die Kalke von Greifenstein und Bicken bei Herborn im nordöstlichen Nassau, welche eine große Anzahl von Goniatiten, Brachiopoden, Trilobiten geliefert haben. Die Stellung dieser Ablagerungen

war lange sehr zweifelhaft und ist wohl auch heute noch nicht ganz klar, doch scheint es jetzt ziemlich sicher, daß dieselben entweder dem obersten Teile des Unterdevon oder dem untersten Teile des Mitteldevon angehören.

Ungleich reicher ist die Entwickelung des Mitteldevon; wohl ist auch diese Stufe in einem Teile des Gebietes, namentlich in Westfalen und Nassau, durch ziemlich fossilarme Schiefer und Sandsteine, die sogenannten Lenneschiefer, vertreten, aber in dem größten Teile des Areals erscheint das Mitteldevon in der überaus fossilreichen Entwickelung der Eifler Kalke, mit welchen an Pracht und Mannigfaltigkeit der Fauna nur wenige paläozoische Schichtgruppen wetteifern können. Namentlich ist die Fülle der Brachiopoden, Krinoiden und Korallen eine wahrhaft bewundernswerte. Die untere Hälfte der Eifler Kalke ist namentlich durch das Vorkommen der Calceola sandalina, jener gedeckelten Koralle, ausgezeichnet und wird nach deren Vorkommen geradezu Calceola-Niveau genannt, während in die Oberregion durch den gewaltigen Stringocephalus Burtini, der der Schichtgruppe den Namen gegeben hat, ferner durch Umites gryphus, Megalodus cucullatus 2c. charakterisiert ist. Auf der Grenze zwischen beiden Abteilungen zeigt sich an vielen Punkten der Eifel eine etwa 10 m mächtige Schicht, welche fast ganz aus



Durchschnitt durch das Mitteldevon der Eifel. (Nach Kayser.) A Stringocephalenschichten — x Krinoidenschicht — y Korallenschicht — B Calceola-Schichten — C Schichten mit Spirifer cultrijugatus — D unterdevonische Grauwacke.

einem lockern Haufwerke von Krinoidenbruchstücken, Korallen, Brachiopoden 2c. besteht und durch die besondere Menge ihrer schönen Versteinerungen, namentlich der Krinoiden, bemerkenswert ist. Überhaupt gehören dem Eifler Kalke eine ganze Reihe berühmter und jedem Sammler bekannter Fundorte an, wie Gerolstein, Kerpen, Prüm und andre in der Eifel, während speziell für die Stringocephalenkalke die schönsten Lokalitäten auf der rechten Seite des Rheins bei Köln in der Nähe von Bensberg (Paffrath 2c.) liegen. An andern Orten, z. B. bei Brilon in Westfalen, tritt derselbe Horizont in Form roter Eisensteine mit ausgezeichneten Fossilien auf, unter denen namentlich zahlreiche Brachiopoden und mehrere Goniatiten, alle noch mit sehr einfachen Suturen und ungeteiltem Siphonallobus (Nautilini), hervorragen.

Das obere Devon mit seinen häufig sehr fossilreichen Ablagerungen zerfällt wesentlich in zwei Hauptabteilungen, von denen die untere durch Goniatiten mit sehr einfachen Suturen, aber doch schon mit geteiltem Siphonallobus, ferner durch Rhynchonella cuboides ausgezeichnet ist. In der obern Hälfte des Oberdevon herrschen dagegen Goniatiten von kompliziertem Lobenbau vor, es treten eigentümliche Gesteine auf, die sogenannten Cypridinenschichten, mit zahllosen Schälchen mikroskopischer Muschelkrebse, ferner die sogenannten Kramenzel, knollige Nierenkalke, welche für diese Stufe ganz besonders bezeichnend sind. Weitaus die wichtigste und merkwürdigste Erscheinung aber bildet die in jeder Hinsicht seltsame Ammonitidengattung Clymenia (vgl. oben, S. 124). Diese arten- und formenreiche Gattung ist, soweit unsre Kenntnisse bisher reichen, durchaus auf ein ganz kleines Niveau, den alleroberster Teil des obern Devon, beschränkt; nie ist ein Exemplar noch in höhern oder in tiefern Schichten mit Sicherheit nachgewiesen worden, nur in diesem einen Horizonte treten sie in Menge auf. Verhältnismäßig ebenso eng ist die geographische Verbreitung der Clymenien, indem man sie bisher nur aus dem belgisch-rheinländischen Gebiete, ferner aus dem Harze, aus Schlesien, aus der Umgebung von Graz in

Steiermark, endlich aus dem südwestlichen England kennt. Unter allen Meeresmollusken dürfte kaum ein zweiter Fall bekannt sein, in welchem eine so große Gattung ein so überaus beschränktes Vorkommen zeigt, und vollends unter den Cephalopoden ist die Erscheinung eine durchaus isolierte. Man wird natürlich nicht annehmen dürfen, daß die Clymenien in Wirklichkeit nur während jener kurzen Zeitspanne und auf jenem kleinen Areale existiert haben, sondern sie müssen in einem andern Meeresbecken, dessen Ablagerungen wir noch nicht näher kennen, sich entwickelt haben und von dort aus vorübergehend in die europäischen Meere eingewandert sein.

Die Entwickelung des Devon im rheinischen Gebiete und die mit ihr nahe verwandten Vorkommnisse im französisch-belgischen Areale geben uns der Hauptsache nach ein richtiges Bild von dem Auftreten der Formation in den übrigen Teilen Europas. Die Ablagerungen im Harze, mit ihren Goniatiten- und Clymenienschichten, mit ihren mitteldevonischen Kalken und Schiefern und den unterdevonischen Grauwacken, die Goniatiten- und Clymenienkalke in Thüringen und im Fichtelgebirge, die Clymenienkalke Schlesiens, das Devon Mährens, die alpinen Clymenienkalke der Umgebung von Graz, sie alle und eine Menge andrer Gebilde lassen sich sehr leicht mit ähnlichen Ablagerungen des rheinischen Systemes in Übereinstimmung bringen. Nur eine sehr wichtige Gruppe von Sedimenten, deren Bedeutung in neuerer Zeit sehr viel besprochen worden ist, bedarf hier einer besondern Erwähnung.

Lange Zeit hindurch kannte man das Unterdevon nur in der fossilarmen, einförmigen Entwickelung der Koblenzer Grauwacke und ähnlicher Gesteine, die in großer Verbreitung auftreten. Es mußte das in hohem Grade auffallend erscheinen, es war widersinnig, anzunehmen, daß um jene Zeit eine plötzliche Abnahme des tierischen Lebens auf Erden stattgefunden, und daß sich nur sandige Sedimente abgelagert hätten, man mußte vermuten, daß in irgend einer Gegend sich die fossilreiche Kalkfacies finden werde, oder daß man dieselbe schon gefunden, aber ihre Bedeutung nicht erkannt habe.

In der That ist eine Anzahl solcher Ablagerungen, welche bisher teils als oberstes Silur betrachtet, teils von verschiedenen Autoren verschieden beurteilt worden waren, in neuerer Zeit von Beyrich und Kayser mit Entschiedenheit als die fossilreichen Kalkäquivalente der sandigen Entwickelung des untern Devon angesprochen worden, und namentlich der letztere Autor hat ausgedehnte Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt. Den Ausgangspunkt für dieselben bilden die Ablagerungen des Harzgebirges, wo man auf der Grenze zwischen Silur und Devon die folgende Schichtreihe findet:

Oberer Wieder Schiefer.
Hauptquarzit mit der Fauna der Koblenzer Grauwacke.
Unterer Wieder Schiefer mit zahlreichen Einlagerungen von Kalken, Grauwacken, Quarziten &c. Mit reicher Marinfauna.
Tanner Grauwacke mit Landpflanzen.

Die unter dem Hauptquarzit gelegenen untern Wieder Schiefer, welche vorläufig den Namen der Hercynstufe erhielten, führen eine sehr reiche Marinfauna, welche in früherer Zeit bald dem Silur, bald dem Devon zugerechnet wurde. In dieser Tiergesellschaft, in welcher Trilobiten, Cephalopoden, Schnecken, Muscheln und Brachiopoden besonders reichlich vorhanden sind, treten einige entschieden an das Silur mahnende Formen auf, in erster Linie einige Graptolithen, welche hier besonders stark ins Gewicht fallen, ferner Cardiola interrupta, die wir als eine charakteristisch obersilurische Muschel kennen gelernt haben, gewisse Cephalopoden, Brachiopoden &c. Allein daneben finden sich in größerer Anzahl devonische Typen; einige Trilobiten, Goniatiten, die Nautilidengattung Gyroceras, eine Anzahl von Schnecken, Muscheln, Brachiopoden, Korallen bekunden nahe Beziehungen zum Devon, und da auch eine nicht unbedeutende Artenzahl in den typischen Ablagerungen dieser

Formation vollständig übereinstimmend wiederkehrt, so läßt sich nicht verkennen, daß im Hercyn das devonische Element vorwiegt. Immerhin war aber damit die Frage noch nicht erledigt; so viel war sicher, daß das Hercyn jünger sei als die jüngsten typischen Silurbildungen Englands, als die Ludlowstufe[1]. Da aber anderseits die Wieder Schiefer im Harze von unterdevonischen Schichten überlagert werden, so konnten sie auch einer selbständigen Zwischengruppe zwischen beiden angehören, deren Einreihung in die eine oder die andre Formation erst weiter zu erwägen wäre. Diese Ansicht hat denn auch mehrfach Ausdruck gefunden, bis neuere Untersuchungen die Frage zur Entscheidung brachten. Ein näheres Studium der in dem Hauptquarzite des Harzes enthaltenen Versteinerungen zeigte nämlich, daß dieser durchaus nicht das ganze Unterdevon und auch nicht die ganze Koblenzer Grauwacke repräsentiert, sondern nur dem obersten Teile dieser letztern entspricht, so daß bei der sehr engen geologischen Verknüpfung des Hauptquarzites mit dem untern Wieder Schiefer dieser letztere mit Sicherheit in die normale Schichtfolge des Unterdevon fällt. Diese Schlußfolgerung von Kayser erhielt eine ausgezeichnete Bestätigung durch den ungefähr gleichzeitig erbrachten Nachweis, daß die oben erwähnten versteinerungsreichen Kalke von Bicken und Greifenstein in Nassau, deren Fauna der hercynischen überaus nahe verwandt ist, in einen sehr hohen Horizont des Unterdevon, wenn nicht ins Mitteldevon gehören.

Diesen Verhältnissen gegenüber dürfte ein Zweifel an dem devonischen Alter der Hercynfauna nicht mehr möglich sein; es ist das eine Thatsache von sehr großer Bedeutung; in verschiedenen Gegenden treten Gebilde auf, welche mit dem Hercyn große Übereinstimmung zeigen und nun alle ebenfalls in das Devon eingereiht werden müssen. Es gilt das in erster Linie von einer Reihe von Ablagerungen, welche im mittlern Böhmen als die oberste Abteilung der altpaläozoischen Mulde auftreten und hier die silurischen Schichten regelmäßig überlagern. In der Gliederung von Barrande, welcher sie noch zum Obersilur rechnete, sind dieselben als die Stufen F_2, G und H bezeichnet, von welchen die letztere allerdings fast fossilleer ist, während die beiden andern eine ungeheure Fülle von Versteinerungen liefern. F_2 ist ein namentlich an Brachiopoden überreicher Kalk, der aber außerdem auch eine Menge von Trilobiten, Cephalopoden, Schnecken und Muscheln führt und namentlich an dem berühmten Fundorte von Koniepruss eine solche Menge von schön erhaltenen Resten liefert, daß dieser zu den reichsten der ganzen paläozoischen Schichtfolge gerechnet werden darf. Im allgemeinen treten in Böhmen in F_2, G und H die silurischen Typen etwas mehr in den Vordergrund als im Harze, wie das bei dem Umstande von vornherein zu erwarten war, daß hier die versteinerungsreiche Schichtfolge bis ins tiefste Unterdevon hinabreicht und regelmäßig unmittelbar auf dem obersten Silur liegt.

Abgesehen von den böhmischen finden wir ähnliche kalkige Ablagerungen mit einer reichen unterdevonischen Fauna noch mehrfach in Europa, in Thüringen, im Fichtelgebirge, im nördlichen und südlichen Frankreich und im Ural, und erhalten dadurch nicht nur eine nähere Kenntnis der marinen Tierwelt dieser Periode, sondern es wird auch dadurch die Kontinuität zwischen den zwei großen Formationen, zwischen Silur und Devon, vollständig hergestellt, und wir erlangen wieder einen trefflichen Beleg dafür, daß die Abschnitte des geologischen Systemes in der Natur nicht fest begründet sind, sondern daß eine allmähliche und ununterbrochene Entwickelung stattgefunden hat.

Von außereuropäischen Ablagerungen des Devon mögen nur jene in Nordamerika erwähnt werden, die sich durch große Verbreitung, Mächtigkeit und Fossilreichtum

[1] Hätte sich die Hercynfauna wirklich älter als das älteste Unterdevon und jünger als die jüngsten Ludlowschichten Englands erwiesen, so hätte sie nach den Regeln der Priorität unbedingt dem Silur angeschlossen werden müssen, da Barrande die dem Hercyn gleichstehenden Etagen F_2, G und H seit 40 Jahren zum Silur gestellt hat.

auszeichnen. Im allgemeinen ist hier das Devon im Vergleiche zu Europa durch seine Armut an Kalkbildungen und das Vorwiegen sandig-thoniger Gesteine, von Thonschiefern, Sandsteinen ꝛc., ausgezeichnet[1]. Gerade die mittel- und oberdevonischen Ablagerungen, in welchen in Europa die Kalke dominieren, sind in Amerika fast kalkfrei, während das Unterdevon allein große, weitverbreitete Kalkmassen enthält. Im größten Teile des Landes ist die Formation in normaler, mariner Entwickelung vorhanden, nur in einem Teile von Kanada tritt sie in Form mächtiger, Fische und Landpflanzen führender Sandsteine vom Typus des englischen old red auf, welche nach der Gaspé-Bai an der Mündung des Lorenzstromes Gaspé-Sandsteine heißen (vgl. die Tabelle, S. 141).

Die ältern Geologen haben die Gesteine der kambrischen, silurischen und devonischen Formation unter dem Namen des Grauwackengebirges oder des Übergangsgebirges zusammengefaßt, und wir folgen ihrem Beispiele, indem wir die Betrachtung der drei ältesten fossilführenden Abteilungen in einem Abschnitte vornehmen. Die jüngern paläozoischen Ablagerungen der Kohlen- und Permformation werden passenderweise gesondert betrachtet, da sie in mannigfachen Gegensätzen gegen jene ältern Bildungen stehen. Nicht als ob eine Unterbrechung in der Reihenfolge der Sedimente oder der Kontinuität organischen Lebens einträte, sondern wir haben im Gegenteile gesehen, daß der alte rote Sandstein des mittlern Schottland aus dem Devon in die Kohlenformation hinaufreicht, und daß die Grenzschichten beider Formationen eine Mengung der beiderseitigen Meerestiere aufweisen, ja daß die Marinfauna der Kohlenformation von der devonischen nur sehr wenig abweicht. Was den großen Unterschied begründet, ist das mächtige Hervortreten der Binnenbildungen, der Landflora und der sie begleitenden Tiere, die zwar schon in früherer Zeit existierten, denen wir aber aus Gründen, die wir nur eben zu ahnen anfangen, erst von nun an reichlich begegnen.

Indem der Geolog seine Studien in den ältesten Ablagerungen beginnt, umgibt ihn nur marines Leben, zuerst das der hohen See, erst allmählich in jüngern Schichten kommen andre Erscheinungsformen hinzu. Sein Weg gleicht dem des großen Genuesen, der, eine neue Welt zu entdecken, zuerst den Atlantischen Ozean durchschiffte. Lange Tage segelte die Expedition, nur Meer und Himmel, nur die grünen Tangmassen des Sargassomeeres als Vertreter des pflanzlichen Lebens vor den Augen. Endlich wird ein vereinzelter Treibholzstamm gesehen, man hofft auf nahes Land, aber wieder verschwinden die trügerischen Zeichen; nach einiger Zeit stellen sich wieder treibende Bäume, Zweige, Blätter ein, ein vom Winde verschlagenes Insekt umflattert die Masten, die Boten nahen, reichen Pflanzenwuchses mehren sich, und endlich betritt die Mannschaft nach langer Fahrt an der

---

[1] Die Gliederung des Devon im Staate New York ist folgende:

I. Oberdevon.

1) Catskillgruppe, 1000 m mächtige rote und grünliche Sandsteine und Konglomerate mit seltenen Fischresten (in Pennsylvanien 2400 m mächtig).
2) Chemunggruppe, Schiefer und Sandsteine.
3) Portagegruppe, Schiefer und schieferige Sandsteine.

II. Mitteldevon, Hamiltongruppe.

4) Genesseeschiefer, schwarze, fossilarme Schiefer.
5) Hamiltonschichten, dunkle, sandige Mergelschiefer mit vielen Versteinerungen.
6) Marcellusschiefer, cephalopodenführende, schwarze Schiefer mit Kalkeinlagerungen.

III. Unterdevon.

7) Obere Helderberggruppe, gegen oben aus Kalken (Onondagokalk, Hornsteinkalk), gegen unten aus Sandsteinen (Shoharie-Sandstein, Cauda galli-Sandstein) bestehend.
8) Oriskanygruppe, grobkörnige Sandsteine, die Fossilien an jene der Koblenzer Grauwacke erinnernd.
9) Untere Helderberggruppe (mit Ausschluß des Water lime), mächtige, fossilreiche Kalke. (Oberer Pentameruskalk, Krinoidenkalk, unterer Pentameruskalk.)

neuentdeckten Küste den tropischen Urwald: so sind auch wir auf unsrer geologischen Fahrt durch den endlosen Ozean der ältern paläozoischen Zeit an der reichen Vegetation der Kohlenformation und damit an einem wichtigen Wendepunkte der Entwickelung angelangt.

	Rheinisch-westfälisches Gebiet	Harz	Belgien		England	Andre europäische Vorkommen		
Oberdevon	Schichten mit Spirifer Verneuili Cypridinenthone Goniatitenschiefer Schichten mit Rhynchonella cuboides	Clymenienkalke im Okerthal Cypridinenschiefer von Lautenthal Goniatitenschiefer von Altenau Iberger Kalk	Psammit v. Condroz mit Spirifer Verneuili Clymenienkalk Cypridinenschiefer von Famenne Goniatitenschiefer von Matagne Kalke und Mergel von Frasne mit Rhynchonella cuboides	Old red Sandstone	Schichten von Pilton mit Spirifer Verneuili Clymenienkalke von Petherwine Goniatitenschichten von Cove bei Torquai	Clymenienkalke im Fichtelgebirge, in Niederschlesien und bei Graz Nierenkalke von Schleiz Kalke von Oberkunzendorf in Schlesien	Catskill-Gruppe Chemung-Gruppe Portage-Gruppe	Gaspé-Sandstein mit Resten von Pflanzen und Fischen
Mitteldevon	Lenneschiefer: Stringocephalenkalk Eisenerze von Brilon Calceolaschichten	Stringocephalenkalk Calceolaschiefer ? Elbingeroder Grauwacke	Kalk von Givet mit Stringocephalus Calceolaschiefer		Stringocephalenschichten Calceolaschichten von Ogwell-House	Favositenschichten in Thüringen Stringocephalenkalke von Kielce in Polen Kalke von Rittberg in Mähren Tentakulitenschichten in Thüringen und im Fichtelgebirge	Hamilton-Gruppe	
Unterdevon	Schichten mit Spirifer cultrijugatus Koblenzer Grauwacke (? Wissenbacher Schiefer, Kalke von Bicken und Greifenstein) Hunsrückschiefer Taunusquarzit	Zorger Schiefer Hauptkieselschiefer Hauptquarzit Untere Wieder Schiefer Tanner Grauwacke	Schichten mit Spirifer cultrijugatus Grauwacke von Hierges Konglomerat von Burnot Sandstein von Vireux Schichten von Montigny und Houffalize Sandstein von Anor und Bastogne		Schichten von Linton und Meadsfoot Sandsteine von Looe	Nereitenschichten im Thüringer Wald und Fichtelgebirge Schichten von Brest und Nehou in Frankreich Mächtige Brachiopodenkalke in Kärnten und Krain Quarzite von Würbenthal in Schlesien Grauwacke von Konstantinopel Etagen F_2, G, H in Böhmen	Obere Helderberg-Gruppe Oriskany-Gruppe Untere Helderberg-Gruppe	

3. Die jüngern paläozoischen Bildungen (Kohlen- und Permformation).

Inhalt: Die Tierwelt der Kohlenformation. — Die Pflanzenwelt der Kohlenformation. — Bildung der Kohlenflöze. — Verbreitung der Kohlenpflanzen und Klima der Kohlenformation. — Die Kohlenablagerungen in Europa und in den Gegenden mit ähnlicher Entwickelung. — Das Gebiet der Glossopteris-Flora. — Die permische Formation.

Die Tierwelt der Kohlenformation.

In scharfer Sonderung treten uns in der Kohlenformation Ablagerungen des offenen Meeres und solche von Binnenräumen entgegen; mag es auch bei der einen Abteilung der Fische nicht gelingen, immer mit Sicherheit zwischen marinen Formen und solchen der süßen Wasser zu unterscheiden, mögen auch Landpflanzen oft in die Meeresbildungen eingeschwemmt vorkommen, so ist doch im allgemeinen die Trennung leicht durchzuführen.

Die niedern Tiere des Meeres weichen in der Kohlenformation von jenen der Devonzeit nicht sehr erheblich ab; als einer der wichtigsten unterscheidenden Züge ist hervorzuheben, daß hier zum erstenmal die niedrigst organisierte Abteilung des Tierreiches, die wir überhaupt fossil kennen, die Foraminiferen, in großer Menge und Mannigfaltigkeit hervortreten. Fehlen dieselben auch den ältern paläozoischen Bildungen nicht vollständig, so sind sie in denselben doch, wie es scheint, selten, sie sind noch wenig beobachtet und bekannt geworden. Nun erst erscheinen sie in ganzen Massen, und zwar zeigen sich Repräsentanten der verschiedensten Abteilungen und teilweise Formen mit außerordentlich verwickelt gebautem Gehäuse. Manche Gattungen stimmen mit jetzt lebenden überein, ja selbst einige Arten stehen noch jetzt lebenden Typen so überaus nahe, daß ein Teil der Paläontologen eine sichere Unterscheidung von diesen nicht für möglich hält. Es ist das überhaupt eine vielfach wiederkehrende Erscheinung, daß bei gewissen Foraminiferentypen trotz einer überaus großen Variabilität der gleichzeitig lebenden Individuen die dauernde Umgestaltung im Laufe geologischer Zeiträume eine überaus geringfügige ist.

Trotzdem bietet die karbonische Foraminiferenfauna in ihrer Gesamtheit doch recht wesentliche Abweichungen von der jetzt lebenden und zeigt einen ausgezeichneten und leicht kenntlichen Charakter. Sie verdankt denselben vor allem dem massenhaften Vorkommen der Familie der Fusuliniden, einer Abteilung verhältnismäßig sehr großer Formen, unter denen sich manche als erbsengroße Kugelformen und anderseits gestreckte Walzen finden, deren Länge bis zu 5 Zentimeter betragen kann. Wohl kommen vereinzelte Vertreter schon im Devon vor, und andre reichen bis in die permische Formation hinauf, aber weitaus die stärkste Entwickelung findet im Karbon und speziell in seinen obern Abteilungen statt. Hier treten sie in den „Fusulinenkalken“ zu Millionen felsbildend auf, mächtige Schichtmassen, namentlich in Rußland, in Japan, China und Nordamerika, sind fast ausschließlich aus ihren Gehäusen zusammengesetzt. Am besten sind auch dem Laien jene schwarzgrauen, mit erbsengroßen hellern Flecken übersäeten Kalke bekannt, welche in Japan vorkommen; sie werden dort zu Vasen und ähnlichen Gegenständen verarbeitet, und diese haben vielfach ihren Weg auch nach Europa gefunden, wo sie wohl in keiner Sammlung japanischer Erzeugnisse fehlen[1]. So kolossal sind die Anhäufungen dieser verhältnismäßig großen

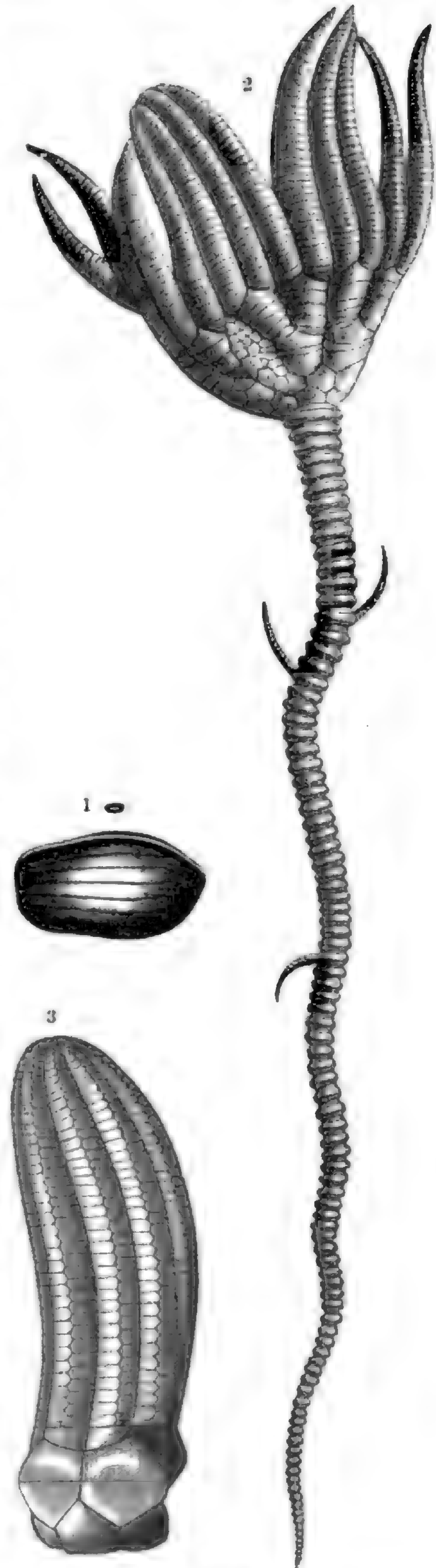
[1] In technologischen und ethnographischen Sammlungen findet sich dieses Material oft irrtümlich als Nummulitenkalk bezeichnet, wofür es auch gehalten wurde, bis Gümbel die wahre Natur dieser Fossilien erkannte.

Foraminiferengehäuse, daß wir in der ganzen Geschichte der geologischen Formationen nur noch ein einziges, ähnliches, allerdings noch großartigeres Beispiel kennen, in der ungeheuern Entwickelung der Nummuliten zu Anfang der Tertiärzeit.

Die Fusuliniden, zu welchen die Gattungen **Fusulina** (s. nebenstehende Abbildung 1), **Fusulinella**, **Hemifusulina** und **Schwagerina** gehören, haben kalkige, nur selten zur sandigen Bildung hinneigende, meist deutlich poröse Schale, die in zahlreichen Windungen spiral aufgerollt und bald kugelig, bald cylindrisch oder spindelförmig gestaltet ist. Die einzelnen Windungen selbst zerfallen wieder in ein kompliziertes Kammersystem, dessen Einzelheiten wir hier nicht näher verfolgen können.

Auch abgesehen von dem massenhaften Vorkommen der Fusulinen bietet die Foraminiferenfauna der Kohlenformation manche Eigentümlichkeiten dar. Eine Anzahl merkwürdiger Gattungen kann genannt werden; besonders aber verdient der Umstand hervorgehoben zu werden, daß die Formen, welche ihr Gehäuse aus einzelnen Sandkörnchen zusammenkitten, hier im Verhältnisse viel zahlreicher auftreten als in spätern Formationen und nicht sehr viel geringere Artenzahl aufzuweisen haben als die kalkschaligen Typen. Dazu kommt, daß die Grenze zwischen kieselig-sandigen und kalkigen Typen noch weit weniger scharf gezogen ist und Übergänge häufiger vorkommen als in jüngern Ablagerungen.

Weit weniger Unterschiede machen sich bei den Cölenteraten geltend; die Schwämme kommen fast gar nicht in Betracht, die aus Tetrakorallien und Tabulaten zusammengesetzte Korallenfauna unterscheidet sich von der devonischen nur in Einzelheiten von nicht sehr großem Belange. Weit wichtiger sind die Abweichungen bei den Echinodermen, unter welchen allerdings die herrschende Klasse, diejenige der Krinoiden, sich ziemlich gleich geblieben ist, wenn auch manche Gattungen erloschen und andre dafür aufgetreten sind. (S. die nebenstehenden Abbildungen von **Woodocrinus** und **Stemmatocrinus**.) Dagegen sind die Cystideen, jene im Silur so entwickelten einfachsten Formen der Stachelhäuter, bis auf einen verkümmerten letzten Ausläufer verschwunden, und statt ihrer erreichen die bisher nur sehr unbedeutend entwickelten Blastoideen nun ihre stärkste Entwickelung, allerdings nur, um dann mit Ende der Kohlenformation endgültig den Schauplatz zu verlassen.

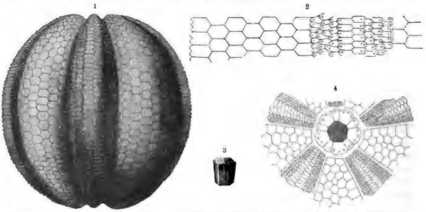


1. Fusulina cylindrica, aus dem obern Kohlenkalke Rußlands; oben natürliche Größe, unten stark vergrößert. (Nach Möller.) — 2. Woodocrinus, aus englischem Kohlenkalke. (Nach de Koninck.) — 3. Krone von Stemmatocrinus, aus russischem Kohlenkalke. (Nach Trautschold.)

Es gehören hierher ziemlich kleine, krinoidenähnliche Formen mit schwachem, nur selten erhaltenem Stiele und sehr regelmäßig aus 13 Stücken zusammengesetztem Kelche; statt der Arme finden sich fünf vom Scheitel ausgehende blumenblattförmige „Pseudoambulacra“, unter welchen im Innern ein System von kalkigen Röhren verläuft, und die bei vollständiger Erhaltung Fiederchen tragen. Im Scheitel finden sich in der Regel sechs mit Verschlußklappen

1. Codonaster, aus englischem Kohlenkalke, von oben gesehen. — 2 u. 3. Pentatrematites florealis, aus amerikanischem Kohlenkalke; etwas vergrößert. (Nach F. Römer.)

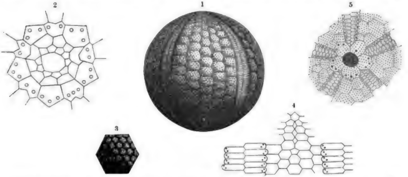
versehene Öffnungen, eine in der Mitte, die andern im Kreise um sie herum. Die Blastoideen entwickeln sich aus den Cystideen und sind mit diesen durch die Gattung Codonaster (s. obenstehende Abbildung 1) verbunden, welche die Gestalt und den allgemeinen Bau der Blastoideen mit den Porenrauten der Cystideen verbindet. In Europa gehören diese


Melonites multiporus, aus nordamerikanischem Kohlenkalke: 1. Vollständiges Exemplar. — 2. Ein Stück der Oberfläche; etwas vergrößert. — 3. Ein einzelnes Täfelchen. — 4. Der „Scheitelapparat“, in der Mitte der After, im Kreise um denselben die fünf Genital- und fünf Augentäfelchen. (Nach F. Römer.) Vgl. Text, S. 145.

Formen überall zu den Seltenheiten, dagegen finden sie sich im Kohlenkalke Nordamerikas stellenweise in außerordentlicher Menge angehäuft und spielen eine recht ansehnliche Rolle; weitaus die verbreitetste Gattung und der normale Typus der ganzen Klasse ist Pentatrematites (s. obenstehende Abbildung 2) oder Pentremites, zu dem sich noch eine Reihe andrer Gattungen gesellt.

Endlich sind unter den Echinodermen noch die Seeigel oder Echinoiden zu nennen, welche allerdings in der Kohlenformation noch ziemlich seltene Gäste sind, aber doch schon

eine Anzahl von wohlcharakterisierten Typen darbieten. Die Seeigel der paläozoischen Zeit bilden eine von jenen jüngerer Formationen zwar nicht vollständig geschiedene, aber doch mit diesen bis jetzt nur durch sehr wenige Bindeglieder verknüpfte Gruppe, welche sich durch die große Zahl der Tafeln auszeichnet, aus welcher das Gehäuse zusammengesetzt ist. Diese Gruppe der „Paläechinoiden“ erreicht in der Kohlenformation ihre höchste Entfaltung,



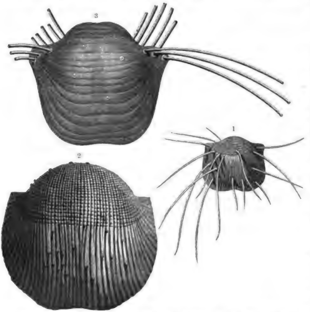
1. Paläechinus elegans, in natürlicher Größe. — 2. Der Scheitelapparat, vergrößert. — 3. Ein einzelnes Täfelchen. — 4. Eine Gruppe von Täfelchen, vergrößert. — 5. Der Scheitelapparat von Paläechinus sphaericus. Aus dem Kohlenkalke Irlands. (Nach Baily.)

und namentlich die Gattungen Melonites, Paläechinus und Archaeocidaris verdienen als ausgezeichnete Vertreter genannt zu werden (s. obenstehende Abbildung und S. 144 unten).

Unter den Brachiopoden ist die Zahl der Gattungen im Vergleiche zu ältern Ablagerungen entschieden zurückgegangen; nur eine Sippe erreicht hier plötzlich eine außerordentlich große Entwickelung: es ist das die Gattung Productus, welche durch die konkave Form der einen Schale, den Mangel an Schloßzähnen und das Fehlen eines Armgerüstes charakterisiert ist, statt dessen in der kleinen Klappe festgewachsene Brachialleisten (nierenförmige Eindrücke) auftreten (s. nebenstehende Abbildung 1). Eine ganz besondere Eigentümlichkeit bilden die bei manchen Arten überaus langen, hohlen Stacheln, welche zerstreut auf der Außenseite beider Klappen stehen; diese Röhren, welche die Schalen durchsetzen und sich ins Innere des Gehäuses öffnen, sind allerdings bei der gewöhnlichen Art der Erhaltung abgebrochen, so daß nur ihre Basis in Form warzenartiger Erhöhungen sichtbar ist. Bisweilen aber haben sie sich erhalten, und dann sieht man, daß dieselben den Durchmesser der Schalen an Länge bei manchen Formen drei- bis vierfach übertreffen. Es ist sehr schwer, sich von der Bedeutung dieser Organe eine Vorstellung zu machen; jedenfalls konnten diese Formen nicht im seichten, vom Wellenschlage stark bewegten Wasser frei auf dem Boden des Meeres liegen, da sonst die feinen Dornen in kürzester Zeit zertrümmert worden wären. Aber selbst

1. Innenseite der kleinern Schale von Productus mit den Brachialleisten. (Nach Davidson.) — 2. Productus complectens, aus engl. Kohlenkalke. (Nach Etheridge.) Vgl. Text, S. 145 u. 146.

wie sie in tiefem, ganz ruhigem Wasser überhaupt auf dem Grunde liegen konnten, ist schwer einzusehen, und es wird dadurch die Vermutung nahegerückt, daß sie sich etwa mit den Enden dieser Röhren an die Blätter von Wasserpflanzen ansetzten und von diesen schwimmend getragen wurden. Sehr sonderbar gestalten sich die Stacheln bei Productus complectens (s. Abbildung 2, S. 145 unten), bei welchem dieselben nicht gerade gestreckt oder schwach gebogen sind, wie bei den gewöhnlichen Formen, sondern sich um irgend einen fremden Körper, z. B. um einen Krinoidenstiel, vollständig herumwickeln und so eine höchst eigentümliche Art der Anheftung bewirken.



1. Productus longispinus, aus dem Kohlenkalke. (Nach Davidson.) — 2. Productus semireticulatus, aus dem Kohlenkalke. — 3. Productus horridus, aus dem Zechsteine. (Nach F. Römer.)

Die Zahl der Productus-Arten ist schon jetzt eine sehr große, obwohl bei den Paläontologen, welche sich mit der Beschreibung karbonischer Brachiopoden beschäftigt haben, in der Regel die Tendenz herrscht, möglichst große Formengebiete zu einer Art zusammenzuziehen. Wäre die Bearbeitung dieselbe gewesen, wie sie z. B. bei einem großen Teile der silurischen Formen angewendet worden ist, so würde die Menge der sogenannten Spezies eine ganz enorme sein. Auch so ist die Zahl derselben in der Kohlenformation eine sehr bedeutende, und manche unter ihnen gehören zu den bezeichnendsten Leitfossilien des Kohlenkalkes, wie z. B. Productus semireticulatus, giganteus, Cora 2c. (s. obenstehende Abbildung). Es sind fast ausnahmslos Formen von ziemlich ansehnlicher Größe, manche sogar von riesiger Dimension, vor allen Productus giganteus, dessen bis zu 1 Fuß große Schalen alle andern Brachiopoden bedeutend übertreffen. Außer Productus sind namentlich die Gattungen Spirifer, Spirigera und Streptorhynchus im Kohlenkalke sehr verbreitet und erreichen hier den Höhepunkt ihrer Entwickelung.

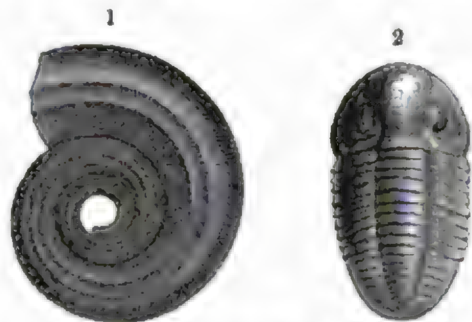
Muscheln und Schnecken sind zwar in sehr großer Menge vorhanden, bieten aber verhältnismäßig nur wenige bemerkenswerte Eigentümlichkeiten. Unter den Muscheln sind die großen Formen der Gattung Conocardium ihrer seltsamen Gestalt wegen hervorzuheben, ferner Posidonomya Becheri als eine für eine bestimmte Ausbildungsart des untern Teiles der Kohlenformation, für den sogenannten Kulm, sehr charakteristische Art (s. Abbildung, S. 147 oben). Unter den Schnecken spielen namentlich die mit einem Schlitze an

der Mündung versehenen Bellerophontiden und Pleurotomariden mit den Gattungen Bellerophon, Porcellia, Pleurotomaria und Murchisonia eine bedeutende Rolle, während von andern Typen namentlich Euomphalus, Loxonema, Macrocheilus charakteristisch sind.

Ungleich wichtiger sind auch hier wieder die Cephalopoden, die zwar in keiner der bis jetzt bekannten Ablagerungen der Kohlenformation so ausschließlich dominieren wie früher in den Orthocerenkalken des Silur, in Goniatiten- und Clymenienschichten des Devon oder später in den Ammonitenablagerungen der mesozoischen Periode. Es ist das eine sehr auffallende Thatsache, welche nicht wohl durch einen zeitweiligen Rückgang des Cephalopodenstammes erklärt werden kann, sondern vermutlich in dem Charakter der bisher aufgefundenen Ablagerungen dieses Alters begründet ist. Küstenferne Bildungen, in welchen die Gehäuse der auf offenem Meere schwimmenden Cephalopoden überwiegen und die andern vor allem in der Umgebung der Kontinente in Menge vorkommenden Gruppen von Schaltieren zurücktreten, fehlen aus der Kohlenformation noch ganz, und es läßt sich dies mit der großen Verbreitung der flözführenden Binnenbildungen in den am meisten untersuchten Gegenden sehr gut in Zusammenhang bringen. Gerade in den Gegenden, welche heute die großen Kontinente der nördlichen Hemisphäre einnehmen, waren auch damals bedeutende Festlandsmassen vorhanden, und zwischen denselben waren keine sehr weiten und tiefen Meeresstrecken, welche der größern Ausbreitung der pelagischen Schwimmer günstig gewesen wären.

Posidonomya Becheri, aus dem Kulm. Vgl. Text, S. 146.

Die Nautiliden sind auch hier wieder im Rückgange begriffen, die gestreckten Schalen der Orthoceren sind noch in bedeutender Zahl vorhanden und teilweise in riesigen Formen vertreten, außer ihnen spielen nur Cyrtoceras und Gyroceras eine etwas größere Rolle, und Nautilus, der Spätling in der ganzen Abteilung, erreicht hier den Höhepunkt seiner Entwickelung. Große, reich mit Rippen und Knoten verzierte Arten stellen sich zahlreich ein, und besonders fällt die Abteilung der sogenannten imperfekten Nautilen auf, für welche eine eigne Gattung, Vestinautilus, begründet worden ist. Es sind das mit eigentümlichem Windungsquerschnitte und reicher Verzierung durch Längskiele ausgestattete, weitnabelige Formen, deren Umgänge im Innern nicht eng zusammenschließen, sondern ein großes Loch frei lassen, wie es die obenstehende Abbildung, Figur 1, zeigt.

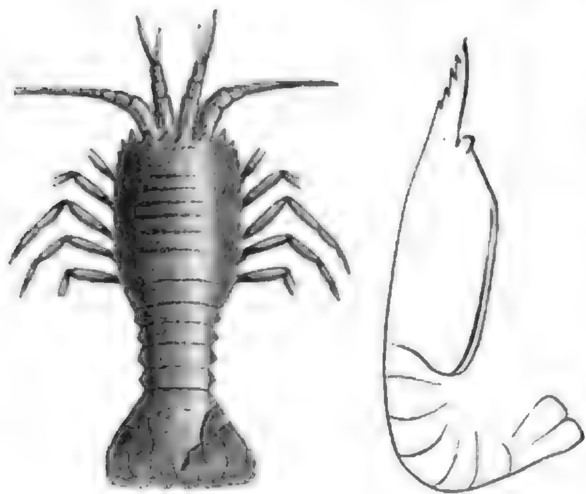


1. Nautilus Konincki, aus belgischem Kohlenkalke. — 2. Phillipsia, aus der Kohlenformation. Vgl. Text, S. 147 u. 148.

Die Ammonitiden sind durch eine beträchtliche Anzahl von Goniatiten repräsentiert, deren Loben auf einer höhern Entwickelungsstufe stehen als diejenigen der ältern Ablagerungen, und namentlich ist bei der bedeutenden Mehrzahl der Siphonallobus geteilt.

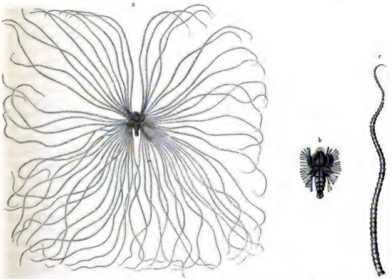
Unter den Krustaceen oder Krebstieren sind die Trilobiten, die schon im Devon, namentlich im Oberdevon, einen sehr beträchtlichen Rückgang erlitten hatten, in der Kohlenformation auf ein Minimum beschränkt; von allen den verschiedenen Typen hat sich nur die Gattung Phillipsia (s. Abbild. 2, S. 147 unten) mit einer oder der andern Untergattung erhalten und kommt in einer ziemlich beschränkten Artenzahl in verschiedenen Gegenden vor. Von andern Krustern sind Muschelkrebse und Ceratiokariden mehrfach vertreten, vor allem aber ist das erste Vorkommen höherer Krebstiere hervorzuheben. Die zehnfüßigen Krebse oder Dekapoden, die oberste Abteilung der Krustaceen, finden sich in einer Anzahl ziemlich weit voneinander verschiedener Formen, welche in der Regel unter dem Namen Anthracopalaemon zusammengefaßt werden (s. Abbild.); es sind lauter Vertreter der Makruren oder Langschwänze, zu welchen in der Jetztwelt unter andern der gemeine Flußkrebs und der Hummer gehören.

Neben diesen an die jetzige Schöpfung erinnernden Formen treten uns aber auch durchaus fremdartige Typen entgegen, in erster Linie der überaus seltsam geformte Bostrichopus, ein Tier, das in seinem ganzen Körperbaue von allen andern lebenden oder fossilen Formen so total abweicht, daß der Paläontolog in große Verlegenheit gerät, wenn er diesen merkwürdigen Fremdling beurteilen und deuten, seine nächsten Verwandten angeben soll. Der winzige Körper besteht aus einem runden, augentragenden Kopfbruststücke und aus einem aus sechs Segmenten bestehenden Hinterleibe; vier kurze, kräftige Beinpaare zerteilen sich in eine außerordentlich große Zahl, etwa 60, geschwungener, langer, geißelförmiger Fortsätze, welche den Körper an Länge um ein Vielfaches übertreffen; ihre Stärke ist nicht größer als die eines Haares, und jeder derselben besteht aus einer großen Zahl einzelner Glieder (s. Abbildung, S. 149). Keine Möglichkeit scheint vorläufig vorhanden, dieses kleine Monstrum zu verstehen, jeder Vergleich erweist sich als unhaltbar, selbst derjenige mit gewissen Entwickelungsstadien rankenfüßiger Krebse, an welche man bei flüchtiger Anschauung denken könnte. Ja, das Vorhandensein von vier Fußpaaren, also der bei den Spinnentieren herrschenden Normalzahl, läßt selbst die Zugehörigkeit zu den Krustaceen als nicht ganz unzweifelhaft erscheinen.


Dekapoden (zehnfüßige Krebse), sogenannte Anthracopalaemon aus der Kohlenformation Nordamerikas.

Können wir uns aber auch noch keines Verständnisses dieser paradoxen Form rühmen, so läßt sich doch in andrer Beziehung eine außerordentlich wichtige Betrachtung an dieselbe anknüpfen. Natürlich war Bostrichopus zur Zeit der Kohlenformation kein isolierter Typus, wie er es heute in dem Systeme der uns bekannten Tierformen ist; in Wirklichkeit isolierte Formen gibt es ja überhaupt in der Natur nicht. Es mußten also einstmals Gattungen und Arten existieren, welche mit Bostrichopus verwandt waren und welche ihn auf irgend eine uns heute durchaus unbekannte Weise mit andern Typen in Verbindung brachten. Wir können mit Bestimmtheit sagen, daß dieses Tier von allen bis jetzt bekannten so weit verschieden ist, daß es als Repräsentant einer selbständigen Ordnung betrachtet werden muß. Von allen Angehörigen dieser Ordnung, die einst in Menge existieren mußten, ist nur dieser einzige erhalten geblieben, und auch von dieser Form ist nur ein einziges Stück bekannt, das vor vielen Jahren in den Kulmschiefern des Geistlichen Berges bei Herborn in Nassau von Dannenberg gefunden worden ist. Kein zweites Exemplar

dieses wunderbaren Tieres ist seither wieder vorgekommen, und wir hätten keine Ahnung von der Existenz eines solchen Typus, wenn nicht zufällig ein verständnisvoller Sammler an jenem Tage und zu jener Stunde die eine Schieferplatte unter tausenden aufgegriffen und gespalten hätte. Es gibt nur wenige Beispiele, welche uns in so eindringlicher Weise über die Unvollständigkeit unsrer Kenntnis der alten Faunen belehren wie dieses. Wie viele gleich merkwürdige Typen mögen noch unentdeckt im Schoße der Berge ruhen, wie viele derartige Unika mögen durch Verwitterung zerstört, zum Baue, zur Straßenbeschotterung verwendet worden, in den Kalkofen gewandert sein, bis einmal eins zur Kenntnis der Wissenschaft gelangt.



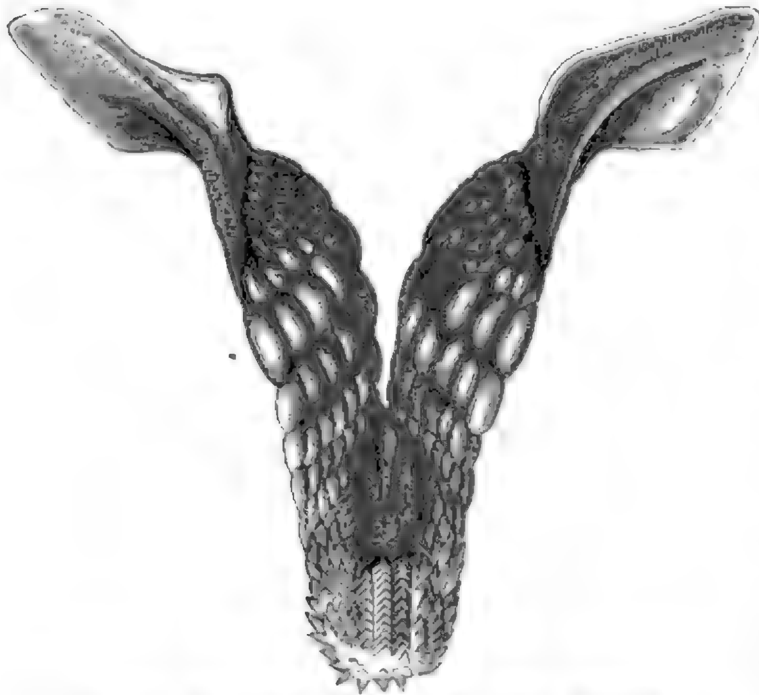
Bostrichopus antiquus, aus dem Kulm des Geistlichen Berges bei Herborn. a Das ganze Tier mit allen Anhängen, schwach vergrößert; — b der Rumpf; — c eine einzelne Ranke, in stärkerer Vergrößerung. Vgl. Text, S. 148.

Die Fischfauna der Kohlenformation ist verhältnismäßig keine sehr große, und namentlich ist die Zahl der vollständig erhaltenen Formen nicht sehr bedeutend und kann sich mit dem Reichtume der devonischen Ablagerungen, speziell des alten roten Sandsteines, nicht messen Natürlich haben wir es nicht mit einem wirklichen Rückgange der ganzen Klasse zu thun, sondern nur mit einem jener häufig wiederkehrenden zufälligen Verhältnisse, welche die unregelmäßigen Schwankungen in dem Vorkommen verschiedener Abteilungen bedingen. Ja, es scheint, daß die Fische sogar an Ausbreitung gewonnen haben; im Devon sind dieselben fast ganz auf die Binnenablagerungen des roten Sandsteines beschränkt und gehören in Meeresbildungen zu den sehr seltenen und ausnahmsweisen Vorkommnissen, während in der Karbonformation auch der marine Kohlenkalk zahlreiche Reste enthält.

Den wesentlichsten Unterschied gegen das Devon bildet das Zurücktreten der Panzerfische. Sehr reichlich sind dagegen die eigentlichen Ganoiden mit ihren Schmelzschuppen vertreten, die sich namentlich in den Süßwasserablagerungen der sogenannten produktiven, Kohlenflöze führenden Formation finden. Sie schließen sich teils denjenigen des Devon, teils jenen der Permformation, die wir eingehender besprechen werden, sehr innig an und

bieten zu wenig charakteristische Eigentümlichkeiten, als daß wir uns näher mit denselben beschäftigen sollten.

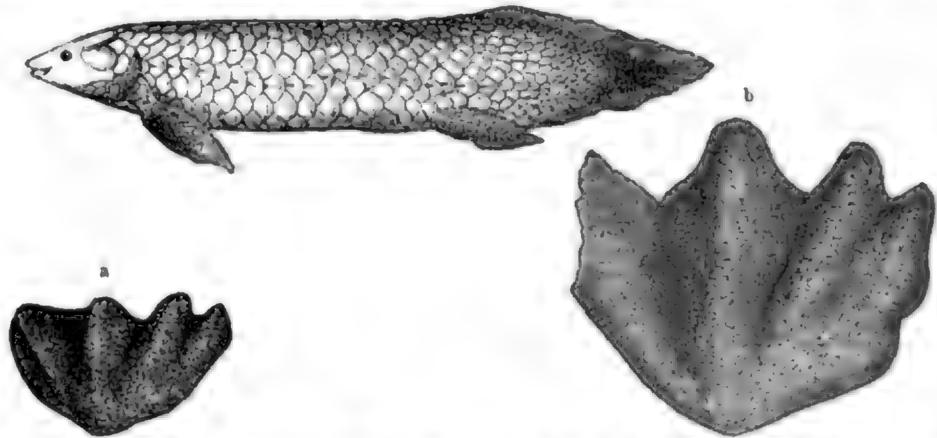
In der marinen Entwickelung sind die Verhältnisse der vollständigen Erhaltung der Fische wenig günstig, man findet in der Regel nur vereinzelte Zähne und Flossenstacheln, deren Deutung große Schwierigkeiten bietet. Manche können mit Bestimmtheit auf Haifische bezogen werden, dagegen ist gerade eins der häufigsten und verbreitetsten Vorkommnisse noch unklar und bereitet den Paläontologen große Verlegenheiten. Es sind das die namentlich im Kohlenkalke Irlands in Menge auftretenden Zahnplatten, welche den Gaumen von Fischen deckten, ohne daß es noch möglich wäre, zu entscheiden, wie die Träger derselben beschaffen waren. Seit längerer Zeit ist eine im westlichen Teile des Stillen Ozeanes lebende Haifischform bekannt, der sogenannte Port Jacksons-Hai oder Cestracion, dessen Rachen mit einer großen Menge von Pflasterzähnen bedeckt ist (s. nebenstehende Abbildung); diese ähneln auch in der That manchen der problematischen Funde aus der Kohlenformation, und man faßte sie daher samt den verwandten Vorkommnissen aus jüngern Formationen als Cestracionten zusammen. Allein noch andre Fische haben Kauplatten, die zum Vergleiche auffordern; von Meeresbewohnern sind es namentlich die seltsamen Seekatzen oder Chimären, welche in Betracht kommen, und in der That scheinen manche der paläozoischen Formen sich ihnen sehr nahe anzuschließen. In hohem Grade auffallend ist es jedoch, daß für einen Teil der in Rede stehenden Vorkommnisse ein hoher Grad von Übereinstimmung bei den sogenannten Lungenfischen oder Dipnoern zu finden ist. Bei diesen Tieren findet die Atmung nicht ausschließlich durch Kiemen statt, sondern neben diesen haben sie noch eine oder zwei Lungen, welche aus der Umgestaltung der Schwimmblase hervorgegangen sind. Dieses überaus merkwürdige Verhältnis, welches uns die Lunge der höhern Wirbeltiere als ein Äquivalent der Fischblase erkennen läßt, findet sich in der Jetztwelt nur bei drei Gattungen, welche in Flüssen und Tümpeln sehr weit voneinander entlegener Gegenden wohnen, Lepidosiren in Brasilien, Protopterus im tropischen Afrika, Ceratodus in Queensland, Australien (s. Abbildung, S. 151). Der letztere Fisch, der Baramunda der australischen Eingebornen, besitzt Zahnplatten, welche mit Vorkommnissen aus der Trias und den permischen Ablagerungen so vollständig übereinstimmen, daß man sie sogar in eine und dieselbe Gattung gestellt hat, und manche Formen der Kohlenformation schließen sich aufs innigste an.


Unterkiefer des lebenden Cestracion mit seinem Zahnpflaster. (Nach Nicholson)

Unter diesen Umständen kann kein Zweifel herrschen, daß zwischen diesen der Zeit nach weit voneinander entlegenen Typen wirkliche Verwandtschaft herrscht, und wir müssen uns die eigentümlichen Folgerungen vergegenwärtigen, welche aus dieser Thatsache hervorgehen. In der äußern Form und in der Beschuppung, Flossenbildung und einer Reihe andrer

Merkmale stimmt der Baramunda in hohem Grade mit einer Gruppe von Ganoiden überein, welche durch die eigentümlich beschuppten Schäfte ihrer Brust- und Bauchflossen ausgezeichnet sind und als Schaftflosser oder Krossopterygier bezeichnet werden (vgl. oben, S. 127). In der Jetztwelt sind dieselben durch den Flösselhecht oder Polypterus vertreten, viel größere Ähnlichkeit als dieser zeigen gewisse Formen des alten roten Sandsteines, wie Dipterus, deren Zahnplatten auch in derselben Weise entwickelt sind.

Es entsteht nun die Frage, ob wir berechtigt sind, auch diese paläozoischen Vorläufer als Lungenfische zu betrachten, wie das in der Regel geschieht. Für die Vorkommnisse des alten roten Sandsteines muß dies schon sehr bedenklich erscheinen, denn wir haben es hier mit Bewohnern sehr großer, vielleicht brackischer Seebecken zu thun, in welchen wenigstens in der Jetztzeit keine Lungenfische vorkommen. Diese leben unter Verhältnissen, unter welchen die Kiemenatmung zeitweilig unmöglich ist, in kleinen, stehenden Gewässern, die in der trocknen Jahreszeit zeitweilig austrocknen, oder in Flüssen, die unter Umständen infolge der Zersetzung verwesender Pflanzenteile irrespirable Gase führen. Unter solchem Verhältnisse kann man die Notwendigkeit einer Doppelatmung verstehen und begreifen, warum eine Umgestaltung der Fischblase zur Lunge stattgefunden hat, während für die Bewohner großer Seen ein Grund hierfür nicht abzusehen ist. Wenn wir aber vollends in marinen Ablagerungen Zahnreste finden, welche, wie diejenigen von Cochliodus, entschieden in diese Gruppe zu rechnen sind, so kann selbstverständlich nicht die Rede davon sein, daß dieselben Lungenatmung besessen haben. Wir können nur sagen, daß diese Formen zu einer Abteilung der Ganoiden[1] gehören, aus welcher einige Repräsentanten zu einer durchaus nicht feststellbaren Zeit Lungenatmung erworben haben; es ist aber nicht die mindeste Berechtigung für die Annahme vorhanden, daß alle paläozoischen Krossopterygier mit Zahnplatten vom Ceratodus-Typus Lungenfische gewesen seien. Es ist das eine Frage, welche für die Abstammung der höheren Wirbeltiere von großer Bedeutung ist; die Amphibien und alle höhern Wirbeltiere werden als die abgeänderten Nachkommen von Dipnoeren betrachtet, und jeder Naturforscher, der auf dem Boden der Abstammungslehre steht, wird sich dieser Ansicht anschließen. Damit ist aber nur gesagt, daß sie von Fischen abstammen, welche ihre Blasen in Lungen umgestaltet haben, nicht aber, daß gerade die Gruppe, welche heute durch Ceratodus, Lepidosiren und Protopterus vertreten ist, die Stammformen geliefert habe. Dieses letztere ist sogar im höchsten Grade unwahrscheinlich, da die jetzt lebenden Lungenfische ebenso wie ihre Vorfahren bis zurück in die devonische Zeit mit wenigen Kauplatten versehen sind, während die Stammform der Amphibien zahlreiche kegelförmige Zähne besessen haben muß.

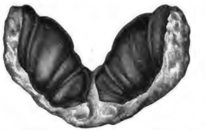


Lebender Baramunda (Ceratodus Forsteri), aus Queensland. a und b Kauplatten von Ceratodus, aus der Trias (Lettenkohle) von Württemberg. Vgl. Text, S. 150.

[1] Ich schließe mich durchaus der Ansicht von Günther an, welcher die jetzt lebenden Lungenfische nur als eine Unterabteilung der Ganoiden betrachtet und sich gegen deren Behandlung als selbständige Ordnung oder gar als Unterklasse ausspricht.

Unter welcher Familie von Fischen wir die Ahnherren der Amphibien zu suchen haben, läßt sich heute noch nicht angeben. Ja, es ist sehr wahrscheinlich, daß wir diese Tiere überhaupt noch nicht näher kennen; im Baue der Füße schließen sich die höhern Wirbeltiere den Haien am besten an, besser als an Ceratodus, in der Bepanzerung des Kopfes und der Kehlbrustregion schließen sich die ältesten Amphibien den Ganoiden an, ihre äußern Kiemen finden wir bei Acanthodes wieder; und so kommen wir zu dem Resultate, daß eine altpaläozoische Gruppe von Fischen, welche alle diese Merkmale in sich vereinigte, den Ausgangspunkt für die Entwickelung der höhern Wirbeltiere darstellt. Vielleicht gehören irgend welche isolierte Zähne oder Flossenstacheln, die wir nicht näher deuten können, dieser untergegangenen Abteilung an, Acanthodes ist ihnen vermutlich unter den gut erhaltenen Resten am nächsten verwandt, eine sichere Deutung aber ist nicht möglich.

Wir kehren zu den isolierten Kauplatten der Kohlenformation zurück, welche die Veranlassung für die Betrachtung dieser merkwürdigen Verhältnisse gegeben haben. Sie zeigen große Formenmannigfaltigkeit, und es ist für dieselben eine große Anzahl von Gattungen aufgestellt worden. Außer den schon genannten Sippen sind noch Pammodus, Helodus, Orodus und eine Menge andrer beschrieben worden, ohne daß es in vielen Fällen klar wäre, an welche Abteilung der lebenden Fische sich die einzelnen Formen anschließen. Die nebenstehende Abbildung mag einen Typus veranschaulichen, den wir bisher noch nicht kennen gelernt haben, die durch ihre gedrehte Form ausgezeichnete Gattung Cochliodus.

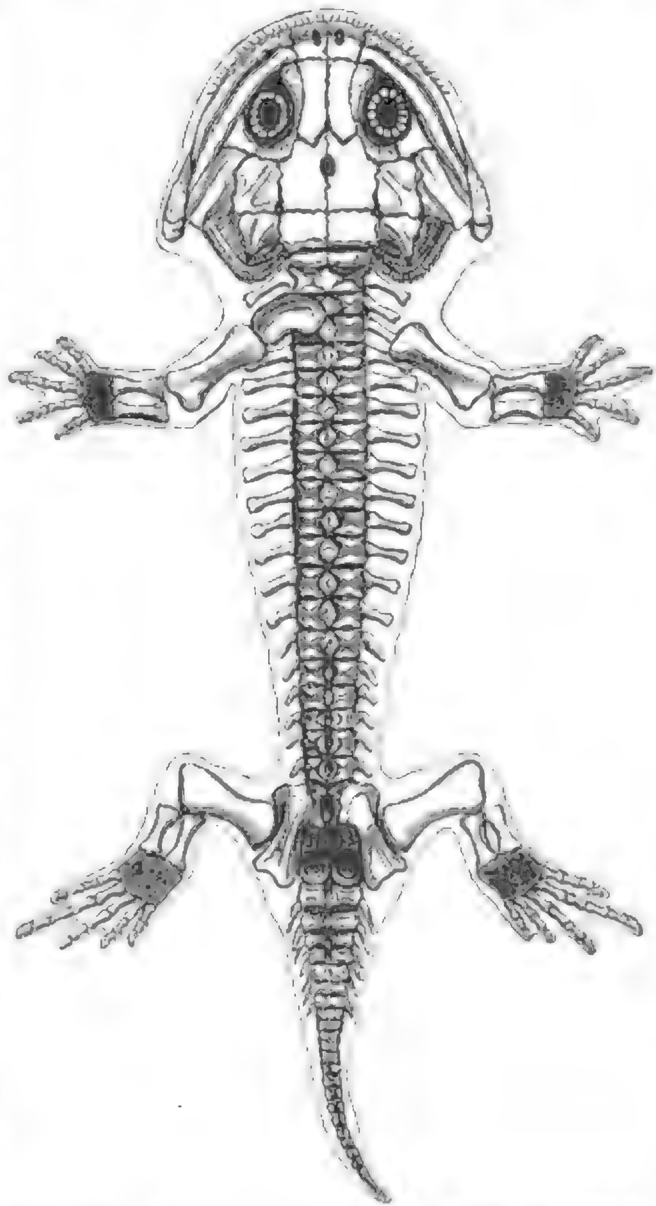


Kauplatten von Cochliodus, aus irischem Kohlenkalk.

Als ein Element von höchster Bedeutung treten uns nun auch höhere Wirbeltiere entgegen, die sich in ihrer Organisation über die Fische erheben. Wohl fehlen noch die obersten Abteilungen, die Vögel und Säugetiere, aber kaltblütige Kriechtiere mannigfaltiger Art stellen sich ein und kommen an manchen Punkten sogar in großer Menge vor. Der Hauptsache nach bieten diese Tiere in der karbonischen und permischen Formation so viele Übereinstimmung, daß es geraten ist, die Bevölkerung beider hier im Zusammenhange zu betrachten, zumal für manche Fundorte die Frage, welcher der beiden geologischen Abteilungen sie angehören, noch durchaus nicht mit voller Sicherheit entschieden ist. Bei weitem die reichste Ausbeute lieferte der auf der Grenze zwischen Kohlen- und Permformation gelegene Gasschiefer oder die Plattenkohle von Nürschan in der Nähe von Pilsen in Böhmen, von wo durch die emsigen Untersuchungen von A. Fritsch eine sehr große Menge interessanter Formen zu Tage gefördert worden ist. Aus der Kohlenformation sind außerdem namentlich die Vorkommnisse in England und Nordamerika zu nennen. In der Permformation sind vor allem bekannt die Eisenerze von Lebach bei Saarbrücken, deren zahllose Thoneisensteingeoden stets irgend einen organischen Körper umschließen. Bald ist es ein Koprolith, ein fossiler Kotballen, bald ein Stück einer Pflanze oder ein Fisch, verhältnismäßig häufig aber treten auch die Reste eines ziemlich großen Amphibiums, des Archegosaurus Decheni, auf, von dem schon Hunderte von Exemplaren aus dieser Fundstätte zu Tage gefördert worden sind. Von andern wichtigen permischen Lokalitäten sind die Kupferschiefer Thüringens zu nennen, ferner die sehr reichen Kalke von Niederhäßlich in Sachsen, deren Fauna durch Credner, Deichmüller und Geinitz bekannt geworden ist, die Kalke des Ölberges bei Braunau in Böhmen, endlich die Ablagerungen von Igornay und andern Punkten in dem Departement Saône-et-Loire in Frankreich.

Digitized by Google

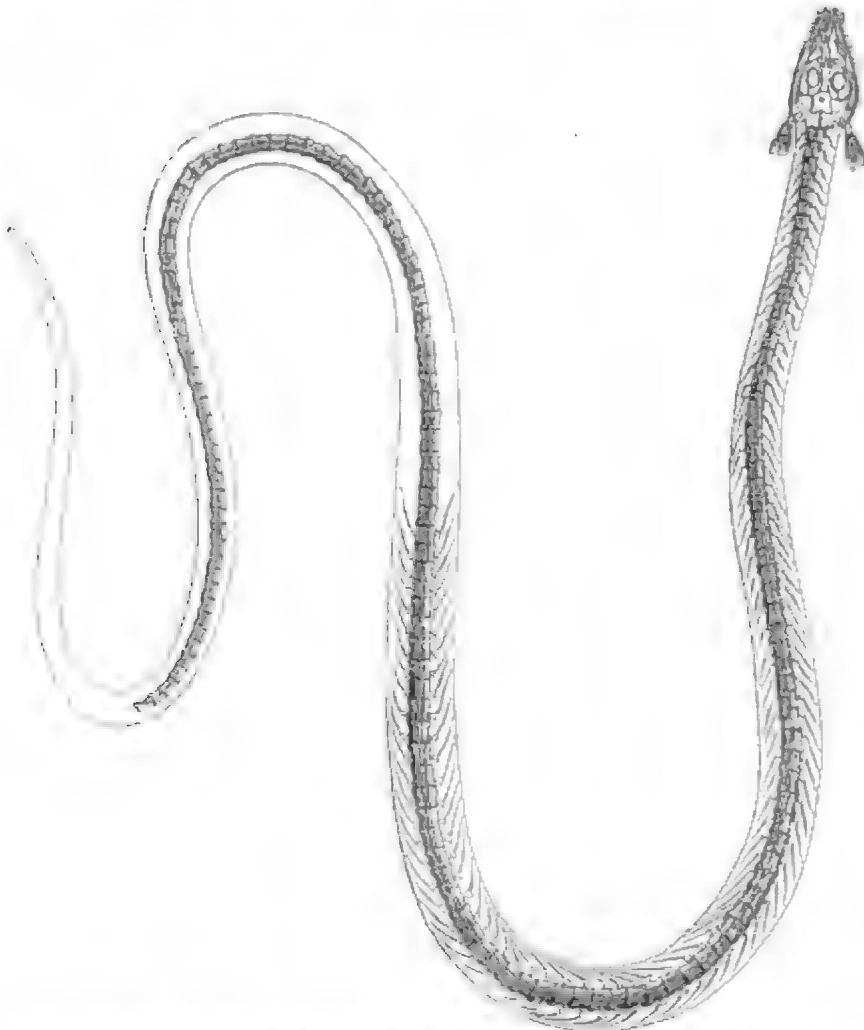
Weitaus der verbreitetste Typus, welcher uns hier begegnet, ist jener der sogenannten Stegocephalen, welche damals eine ganz außerordentliche Fülle von Gattungen entwickelten, deren Einreihung in eine der Abteilungen des Systemes aber auf einige Schwierigkeiten stößt. In früherer Zeit faßten die Zoologen die Frösche, Salamander, Eidechsen, Krokodile, Schlangen und Schildkröten unter dem gemeinsamen Namen der Amphibien zusammen, und der Laie ist auch jetzt noch gewohnt, alle diese Formen als eine zusammengehörige Gruppe zu betrachten. Allein diese Auffassung entspricht einer eingehendern Kenntnis der Thatsachen nicht. Wenn auch manche Salamander in ihrer äußern Erscheinung gewissen Eidechsen ähneln, und wenn auch alle die genannten Typen kaltes Blut besitzen, so treten doch in fast allen andern Beziehungen so tiefgreifende Unterschiede zwischen den Salamandern und Fröschen einerseits und den Schlangen, Eidechsen, Krokodilen und Schildkröten anderseits auf, daß man sie unmöglich in eine und dieselbe Ordnung des Tierreiches stellen kann, und man hat daher den Namen der Amphibien auf Frösche, Salamander und ihre Verwandten beschränkt und faßt die andern Abteilungen als Reptilien oder Kriechtiere zusammen. Ja, so groß ist der Abstand zwischen diesen beiden Typen, daß die Reptilien zwar nicht in der äußern Erscheinung, wohl aber in einer Reihe wichtiger Merkmale der innern Organisation und der Embryonalentwickelung den Vögeln entschieden näher stehen als den Amphibien.


Branchiosaurus salamandroides, aus der Gaskohle von Nürschan in Böhmen. (Nach A. Fritsch.) Vgl. Text, S. 155.

Schon im frühen embryonalen Leben macht sich ein tiefgreifender Unterschied geltend. Amnion und Allantois, zwei wichtige Embryonalorgane, welche bei den Reptilien ebenso wie bei Vögeln und Säugetieren vorhanden sind, fehlen den Amphibien, und diese letztern machen, nachdem sie das Ei verlassen haben, eine Veränderung, eine Metamorphose, durch, sie kommen in einer Larvenform zur Welt, welche erst nach mehrfachen Häutungen die endgültige Gestalt des erwachsenen Tieres annimmt, während bei den Reptilien nichts Derartiges geschieht. Bei ihnen hat das Junge beim Verlassen des Eies der Hauptsache nach schon seine definitive Gestalt; es wächst noch, aber es macht keine Verwandlung mehr durch. Die junge Eidechse, das junge Krokodil sind auf den ersten Blick als das zu erkennen, was sie sind, während der Frosch, den wir als Repräsentanten der Amphibien betrachten wollen, als Larve in der bekannten Gestalt der Kaulquappe mit langem Schweife, ohne äußerlich sichtbare Beine und mit Kiemenatmung erscheint und

erst später zum ungeschwänzten, kiemenlosen Frosche wird. Von andern wichtigen Merkmalen ist hervorzuheben, daß die Reptilien alle zeitlebens durch Lungen atmen, während von den Amphibien einige stets, die übrigen wenigstens in der Jugend Kiemen haben; ferner sind die Reptilien mit einer Körperbekleidung ausgestattet, die Schlangen und Eidechsen mit Schuppen, die Krokodile mit Knochentafeln, die Schildkröten mit ihrer Panzerschale, während die Amphibien nackte, schleimige Haut besitzen.

Vor allem aber sind für das Studium der fossilen Vorkommnisse die Skeletmerkmale von Wichtigkeit. Wohl sind im ganzen Knochenbaue tiefgreifende Unterschiede vorhanden, die wir aber natürlich nicht in ihren Einzelheiten verfolgen können, nur die allerwichtigsten sollen hier genannt werden. Zunächst ist ein Merkmal ersten Ranges in der Art und Weise zu bemerken, wie der Kopf mit der Wirbelsäule in Verbindung tritt. Bei den Amphibien ist ebenso wie bei den Säugetieren am Schädel zu **beiden Seiten** des großen Hinterhauptsloches, durch welches das Rückenmark mit dem Gehirne in Verbindung tritt, je ein Gelenkkopf vorhanden, welcher in Gelenkpfannen am obersten Halswirbel eingreift. Wir haben also zwei Gelenkköpfe („Kondylen") des Hinterhauptes, während bei Reptilien und Vögeln nur ein einziger, **über** dem Hinterhauptsloche befindlicher Gelenkkopf vorhanden ist.



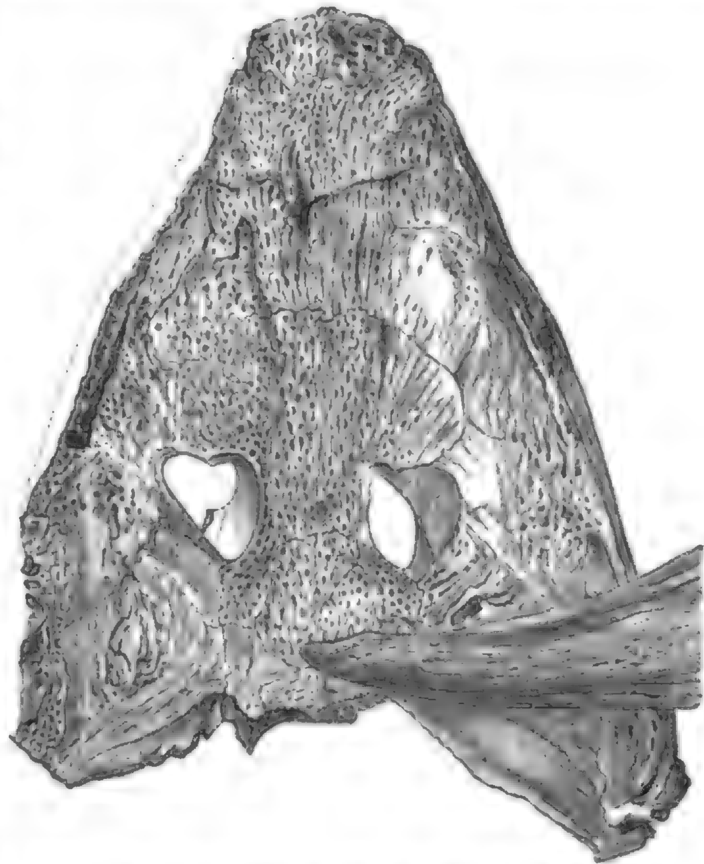
Dolichosoma, ein schlangenförmiger Stegocephale aus dem Nürschaner Gasschiefer. (Nach A. Fritsch.) Vgl. Text, S. 155.

Auch sonst ist der Bau des Schädels bei beiden Abteilungen sehr verschieden; ein sehr auffallender, langgestreckter Knochen auf der Unterseite, das sogenannte **Parasphenoid**, ist für die Amphibien im höchsten Grade charakteristisch, er fehlt aber allen höhern Formen, während er bei Fischen vorhanden ist. Anderseits tritt bei den Reptilien eine ganze Anzahl von Schädelknochen auf, die den Amphibien fehlen, die ganze Gliederung und der Bau des Schädels ist ein ungleich reicherer; solche Schädelteile, welche den Amphibien fehlen, sind das Postorbitale, Supratemporale, Epioticum, Supraoccipitale (s. die Abbildung von Archegosaurus, S. 156, an welcher die für Reptilien charakteristischen Knochen, welche den Amphibien fehlen, durch dunklere Schattierung ausgezeichnet sind).

Fügen wir zu den genannten Merkmalen die kurze, gerade Form der Amphibienrippen, so sind damit die wichtigsten und augenfälligsten Abweichungen genannt, welche eine

tiefgreifende Verschiedenheit der beiden Abteilungen bekunden. So scharf dieselbe aber in der Jetztzeit erscheint, so verwischt sie sich doch zum großen Teile, wenn wir die geologisch alten, ausgestorbenen Formen ins Auge fassen. Schon unter den gewaltigen Formen der mesozoischen Zeit gehen einzelne der trennenden Eigentümlichkeiten verloren: so hatten die seltsamen Ichthyosaurier und Plesiosaurier und ihre Verwandten vermutlich keinerlei Panzer- oder Schuppenbekleidung; vor allem aber vereinigen die oben genannten Stegocephalen und namentlich ihre Vertreter aus der Kohlen- und Permformation in einer höchst wunderbaren Weise die Merkmale von Amphibien und Reptilien.

Die Stegocephalen stellen eine große, außerordentlich umfassende Abteilung des Tierreiches dar, innerhalb welcher sich ebenso große, ja wohl noch größere Formenmannigfaltigkeit kundgibt als unter den jetzt lebenden Reptilien; einige Formen zeigen uns die Umrisse gewöhnlicher Salamander (s. Abbildung, S. 153), andre erinnern mehr an schlanke, eidechsenartige Tiere; Archegosaurus stellt in seiner äußern Erscheinung einen Typus dar, der sich am ehesten mit einem ziemlich kleinen Krokodile vergleichen läßt, während einzelne der Tiere den schlanken fußlosen Schlangen glichen (s. Abbildung, S. 154). Baphetes, Anthracosaurus und einige andre sind endlich plumpe, molchartige Ungeheuer von riesiger Größe, bei denen der Kopf teilweise den eines Ochsen an Größe bedeutend übertrifft (s. nebenstehende Abbildung).


Schädel von Anthracosaurus, aus englischen Kohlenablagerungen.

In einer Reihe von Merkmalen allerdings stellen sich uns die Stegocephalen als entschiedene Amphibien dar; im Schädelbaue tritt auf der Unterseite das Parasphenoid in ausgezeichneter Weise hervor, Kiemen sind entweder in der Jugend oder zeitlebens vorhanden und bei einer beträchtlichen Zahl von Arten nachgewiesen. Die kurzen Rippen und der Bau der Extremitäten erinnern ebenfalls entschieden an die Charaktere der Amphibien, und der vor allem wichtige doppelte Gelenkkopf am Hinterhaupte ist wenigstens bei den geologisch jüngern Formen vorhanden, während bei den geologisch ältern Typen das Hinterhaupt nicht vollständig verknöchert war, sondern teilweise knorpelige Beschaffenheit bewahrt hat. Allein daneben treten entschiedene Reptilcharaktere auf: der Kopf ist gepanzert, und ebenso trägt die Unterseite in der Kehlbrustregion in der Regel drei große, schmelzglänzende Panzerplatten, während außerdem noch meist auf der Bauchseite der Raum zwischen Vorder- und Hinterbeinen mit zahlreichen länglichen, schräg gestellten Schildern bewehrt ist. Am Schädel ist die obere Seite ebenso bestimmt nach Reptiltypus gebaut wie die untere nach dem Amphibienmuster (s. Abbildung, S. 156). Der Knochenbau der Schädeloberfläche von Archegosaurus zeigt in keiner Weise einen wesentlichen Unterschied gegen die Ausbildung, wie wir sie beim Krokodile finden.

Wir stehen also hier wieder vor einem jener merkwürdigen Mischtypen, vor einem Kollektivtypus, wie wir sie vielfach in alten Ablagerungen finden. Man hat viel gestritten, ob man diese Formen zu den Amphibien oder zu den Reptilien stellen solle; wenn man sich bestimmt für eine dieser Anschauungen aussprechen muß, so wird man wohl nicht anders urteilen können, als daß die Amphibienmerkmale vorherrschen, namentlich bei den geologisch jüngern Vorkommnissen, bei welchen das vollkommen verknöcherte Hinterhaupt zwei Gelenkköpfe zeigt. Allein richtiger ist es vielleicht, die uralten Tiere der paläozoischen Zeit nicht genau in das System einpassen zu wollen, wie es für die jetzt lebenden Formen aufgestellt ist. Aller Wahrscheinlichkeit nach stehen die Stegocephalen der gemeinsamen Stammform der Amphibien und der Reptilien nahe, einem Typus mit sehr unvollkommen verknöchertem Skelete, das auch bei den meisten paläozoischen Stegocephalen in vielen Partien noch teilweise knorpelige Bildung zeigt. Dieses Vorhandensein bedeutender unverknöcherter, knorpeliger Skeletpartien, die namentlich in ausgedehnter Weise am Hinterhaupte, in der Wirbelsäule, ferner in Hand- und Fußwurzel vieler Stegocephalen auftreten, bilden ein Merkmal, welches an die embryonalen Entwickelungsstadien der Amphibien u. Reptilien erinnert; wir sehen also in den paläozoischen Stegocephalen nicht nur Kollektiv-, sondern auch Embryonaltypen, d. h. genau solche Formen, wie wir sie nach den Voraussetzungen der Darwinschen Theorie in den alten Ablagerungen erwarten müssen.

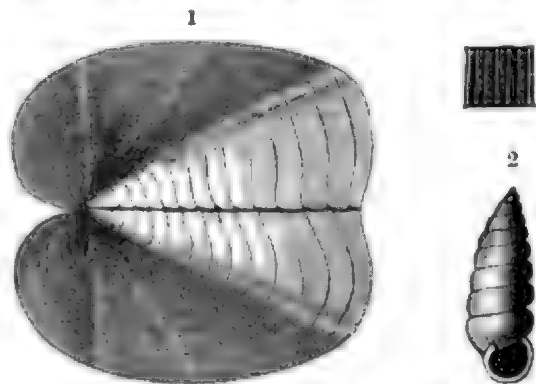
Schädel von Archegosaurus Decheni; die für Reptilien charakteristischen, bei Amphibien fehlenden Knochen sind schattiert. Vgl. Text, S. 154 u. 155.

Echte Reptilien sind in der Kohlenformation bis jetzt nicht mit Sicherheit nachgewiesen; die häufig vorkommenden Angaben von dem Auftreten derselben beruhen teils auf einer Verwechselung mit Stegocephalen, teils auf Resten, welche für eine sichere Deutung zu unvollständig sind. Am wichtigsten sind ein paar Wirbel aus dem Kohlengebirge von Neuschottland in Britisch-Nordamerika, welche unter dem Namen Eosaurus beschrieben worden sind und mit solchen von Ichthyosaurus aus spätern Ablagerungen viele Ähnlichkeit haben; doch kommen ähnliche Wirbelbildungen auch bei Stegocephalen vor, so daß die Zugehörigkeit zu dieser Abteilung wahrscheinlich ist.

In ihrer Lebensweise waren vermutlich alle Stegocephalen entweder durchaus oder wenigstens in der Jugend ausschließlich Bewohner des Wassers und zwar des süßen Wassers. Nach ihrem Baue ist es aber auch in hohem Grade wahrscheinlich, daß die ausgewachsenen Tiere meist auch das Wasser zu verlassen und längere oder kürzere Zeit auf festem Lande zu leben im stande waren. Es muß an sich als außerordentlich wahrscheinlich bezeichnet werden, daß die Entwickelung von dem ausschließlich auf das Wasserleben angewiesenen Typus der normalen Fische zu höhern, zur unmittelbaren Luftatmung durch den Besitz von Lungen befähigten Lebensformen nicht bei Bewohnern des Meeres vor sich gehen konnte. Für den Fisch, der im offenen Meere schwärmt und dort reichlichen Lebensunterhalt findet, ist kein Bedürfnis vorhanden, das Wasser zu verlassen. Ganz anders aber verhält es sich bei Tieren, die in beschränkten Binnenbecken wohnen, die zeitweise austrocknen, oder in

denen die Nahrungsmenge eine beschränkte ist. Hier mußten sich die Lungenfische entwickeln, bei welchen die Schwimmblase zum Atmungsorgane, zur Lunge, umgestaltet ist; in Flüssen und periodisch vertrocknenden Teichen und Pfützen halten sich auch die wenigen noch jetzt lebenden Vertreter dieser Abteilung auf, und ebenso mußte sich der Übergang von den Lungenfischen zu den Amphibien unter denselben Verhältnissen vollziehen. Dafür spricht auch die Thatsache, daß wir die geologisch ältesten Repräsentanten der Amphibien und Reptilien zusammen mit den Resten von Fischen, von Insekten, von Landpflanzen finden, nicht aber in Ablagerungen mit Meeresmuscheln, mit Stachelhäutern, Korallen 2c. Wenn wir in geologisch jüngern Formationen zahlreiche Reptilien in marinen Ablagerungen finden, so sind das nicht Formen, die sich ursprünglich im Meere entwickelt, sondern die sich später an den Aufenthalt in diesem gewöhnt haben.

Derselbe Fall tritt in späterer Zeit nochmals ein, der Stamm Säugetiere hat sich ebenfalls auf festem Lande entfaltet, und in den Walen, Delphinen, Seehunden, Sirenen haben wir die Nachkommen ehemaliger Landbewohner zu sehen, die sich später dem Leben im Wasser angepaßt haben.



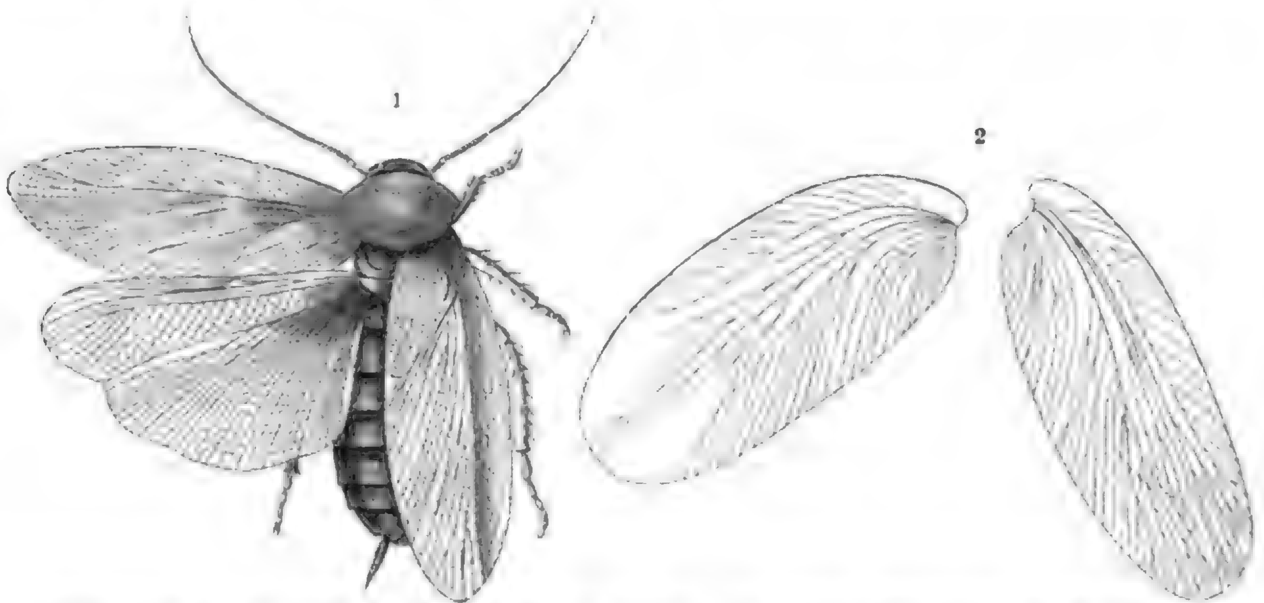
1. Leaia. — 2. Pupa vetusta, aus der Kohlenformation Neuschottlands, etwas vergrößert; darüber ein Stück Schalenoberfläche, stärker vergrößert. (Nach Dawson.)

Wir wenden uns zu den andern binnenländischen Organismen; von Bewohnern des süßen Wassers sind einige Muscheln der Gattung Anthracosia, welche in ihrer äußern Erscheinung unsrer gemeinen Teichmuschel ähnelt, vorhanden. Dazu kommen verschiedene Krebstiere, am häufigsten kleine Schälchen von Phyllopoden oder Blattfüßern, namentlich aus der Gattung Leaia (s. nebenstehende Abbildung 1), ferner treten die letzten Repräsentanten der großen Eurypteriden auf, welche wir oben bei Besprechung der Silurfauna kennen gelernt haben.

Von größerer Bedeutung sind die Reste von Tieren des festen Landes; unter ihnen finden wir Vertreter der Lungenschnecken, jener Abteilung, in welche alle unsre gemeinen Landschnecken gehören, und es ist in hohem Grade bemerkenswert, daß hier in der Kohlenformation schon eine Anzahl sehr weit voneinander verschiedener Typen auftritt, die aber teilweise noch jetzt lebenden Formen außerordentlich nahe stehen. Wir müssen daraus schließen, daß die Landschneckenfauna der Kohlenformation sehr weit davon entfernt ist, in Wirklichkeit die älteste zu sein, die auf Erden überhaupt existiert hat. Wir müssen voraussetzen, daß schon längst vorher Kontinente mit einer Schneckenbevölkerung vorhanden waren, und wir erhalten dadurch eine Bestätigung der Ansicht von der uralten Existenz von Festländern, die wir früher schon auf anderm Wege gefolgert hatten. Nicht nur in der Form, auch in der Lebensweise scheinen manche dieser Tiere sich von der Kohlenformation bis heute gleichgeblieben zu sein; die Angehörigen der Gattung Pupa leben heute zum Teile unter der Rinde morscher Bäume, und genau in derselben Lage hat man in der Kohlenformation von Neuschottland fossile Pupa-Arten unter der Rinde eines versteinerten Baumes gefunden (s. obenstehende Abbildung 2).

Weit häufiger als Schnecken treten Insekten auf, und wenn dieselben im allgemeinen auch zu den Seltenheiten gehören, so ist doch schon seit längerm eine ziemlich ansehnliche Artenzahl namentlich aus Deutschland, ferner aus England und Nordamerika bekannt, und neuerdings hat Frankreich einen wunderbaren Reichtum merkwürdiger Kerbtiere geliefert. Wohl sind auch hier einzelne Formen jetzt lebenden Verwandten ziemlich ähnlich, was aber ihre Gesamtheit anlangt, so hat sie ein wesentlich andres Bild als

heute. Das Volk der Insekten ist in strengerer und unmittelbarerer Abhängigkeit von dem Charakter der Pflanzenwelt als irgend eine andre Abteilung des Tierreiches, und vor allem sind es die nektarspendenden Blüten, welche eine zahlloses Heer von Kerfen um sich versammeln, von denen Myriaden von diesen abhängen. Denken wir uns heute alle blühenden Pflanzen verschwunden, so wäre vor allem die ganze Ordnung der Schmetterlinge um ihre Existenz gebracht, und dasselbe gilt von einer Menge von Käfern, Immen, Fliegen 2c. In der Kohlenformation haben wir nun in der That eine Vegetation ohne blühende Pflanzen; nur Schachtelhalme, Farnkräuter, Bärlappgewächse, Nadelhölzer und vielleicht Sagopalmen bildeten die Flora, und damit mußte auch das Insektenleben ein sehr beschränktes sein. In der That kennen wir aus der damaligen Zeit keine Spur von Schmetterlingen[1], keine Fliegen, keine Hymenopteren oder Hautflügler, zu denen Bienen, Wespen,



1. Lebende Blatta-Art mit großen Flügeln. — 2. Blattina abnormis, aus permischen Ablagerungen von Weißig in Sachsen. (Nach E. Geinitz.)

Ameisen und ihre Verwandten gehören. Auch Wanzen sind bisher nicht bekannt, und selbst die sparsamen Angaben über das Vorkommen von Käfern bedürfen noch der Bestätigung.

Vor allem sind die Geradflügler oder Orthopteren, ferner die Netzflügler oder Neuropteren in der Kohlenformation vertreten. Am häufigsten treten die Blattinen auf, Tiere, welche mit den bekannten widerlichen Küchenschaben (Kakerlaken, Blatta orientalis, „Schwaben") aufs innigste verwandt sind (s. obenstehende Abbildung) und aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls bei Tage sich verborgen hielten und bei Nacht auf ihren Lebensunterhalt ausgingen. Neben ihnen finden sich die Reste von Heuschrecken, namentlich von Gespenstheuschrecken (Phasmiden, s. Abbildung, S. 159 oben), von teilweise ganz riesiger Größe, ferner Eintagsfliegen, Mantiden, Verwandte der bekannten „Gottesanbeterin" (s. die Abbildung von Lithomantis, S. 159), und manche Formen, wie der auf S. 160 oben abgebildete (permische) Eugereon Boeckingi, scheinen sich keiner der Insektenordnungen anzupassen, wie sie in der Jetztwelt existieren, sondern Merkmale in sich zu vereinigen, die wir heute auf verschiedene Abteilungen beziehen.

Bedeutend spärlicher als Insekten treten die durch den Besitz von acht Beinen

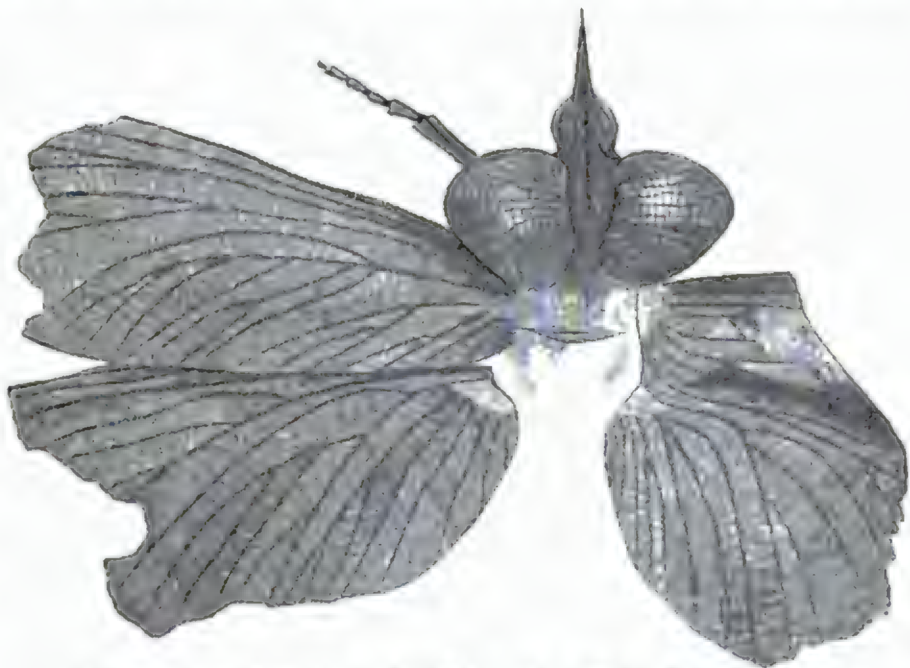
---

[1] Der angebliche Fund einer Raupe ist wohl im höchsten Grade zweifelhaft, und die Angabe dürfte auf einer Verwechselung beruhen.

bemerkenswerten Spinnentiere oder Arachniden auf. Schon seit langer Zeit sind Skorpione aus der Steinkohle Böhmens bekannt, und später sind solche auch aus England und Nordamerika beschrieben worden. Die Ähnlichkeit mit den jetzigen Repräsentanten ist eine auffallend große; wie bei diesen ist auch bei ihren uralten Vorläufern das Kopfbruststück kurz und ungegliedert, daran schließt sich der aus 13 Gliedern bestehende Hinterleib an, dessen vordere 7 Glieder breit sind und noch zu dem sogenannten Rumpfe gehören, während die 6 hintern Abschnitte stark verschmälert den Schweif des Skorpiones bilden, an dessen Spitze der Giftstachel und die beiden Giftdrüsen liegen. Außer den vier Beinpaaren sind noch ein größeres und ein kleineres Scherenpaar vorhanden, welche die Fühler und Taster der Kiefer repräsentieren.

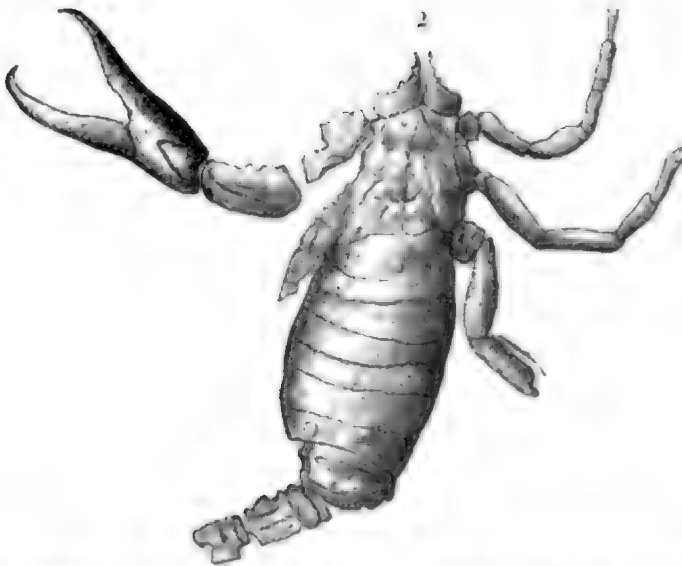
Protophasma, eine Gespenstheuschrecke aus französischer Kohlenformation. (Nach Brongniart.) Vgl. Text, S. 158.

Alle diese Merkmale scheinen auch den paläozoischen Skorpionen zuzukommen, so daß der Betrag der Veränderung, die seit der Kohlenformation stattgefunden hat, nur ein sehr geringer ist; um so auffallender ist es, daß wir aus der ganzen Reihe der nun folgenden Ablagerungen, aus Perm, Trias, Jura und Kreide, keine Spur dieser Tiere kennen und somit in dem Vorkommen derselben eine ungeheure, allerdings natürlich nur scheinbare Lücke vorhanden ist. Das Auftreten der Skorpione in den paläozoischen Ablagerungen ist von um so größerm Interesse, als sie hier denjenigen Formen begegnen, welche von vielen Seiten als ihre Stammeltern bezeichnet werden, nämlich den großen Krustaceen aus der Abteilung der Eurypteriden (s. Abbildung 2, S. 160). Ob wir es allerdings hier mit einer berechtigten und thatsächlich begründeten Hypothese zu thun haben, ist eine Frage, die wir heute noch nicht beantworten können. Vor allem leitete wohl die äußere Ähnlichkeit auf diese Idee, und in der That läßt sich



Lithomantis carbonaria, ein Geradflügler aus englischer Kohlenformation. (Nach Woodward.) Vgl. Text, S. 158.

nicht leugnen, daß das kurze Kopfbruststück, der mächtige, im hintern Teile sich beträchtlich verschmälernde Hinterleib der Eurypteriden, die Scheren von Pterygotus und manches andre sehr an die Skorpione erinnern. Auch die Zahl der Hinterleibsabschnitte ist dieselbe und ebenso die Zahl der Beine. Auch die eigentümlich schuppenähnliche Oberflächenbeschaffenheit der Eurypteriden soll bei einzelnen paläozoischen Skorpionen wiederkehren (Eoscorpios), und neuerdings wird aus England berichtet, daß eigentümliche, für die Skorpione charakteristische Tastorgane, die beiden am Bauche stehenden Kammleisten, auch bei Eurypteriden gefunden worden seien.

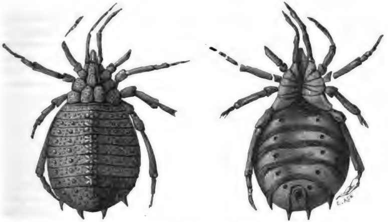


1. Eugereon Boeckingi, aus permischen Ablagerungen von Birkenfeld. (Nach Dohrn.) — 2. Cyclopthalmus senior, aus böhmischer Kohlenformation. (Nach A. Fritsch.) Vgl. Text, S. 158 u. 159.

Wir haben hier allerdings, die Richtigkeit aller Angaben vorausgesetzt, eine Vereinigung übereinstimmender Merkmale, wie sie einem zufälligen Zusammentreffen schwer zugeschrieben werden kann, und dadurch erhält die Hypothese einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit. Wir dürfen aber auf der andern Seite nicht vergessen, daß derselben eine Anzahl sehr großer Schwierigkeiten entgegensteht, unter welchen die Stellung der Beinpaare zum Munde vor allem von Wichtigkeit ist. Bei den Skorpionen stehen die vier Beinpaare hinter dem Munde und sind mit den Mundteilen und dem Kaugeschäfte in keinerlei Zusammenhang, während bei den Eurypteriden die Hüften der entsprechenden vier Paare von Schwimmfüßen als Kauladen ausgebildet, echte Kieferfüße sind, ein Verhältnis, welches zwar die Abstammung der Skorpione von den Eurypteriden nicht geradezu als ein Ding der Unmöglichkeit erscheinen läßt, aber doch zu großer Vorsicht mahnt.

Außer den Skorpionen ist in der Kohlenformation namentlich eine Gruppe verhältnismäßig großer Spinnentiere vorhanden, welche sich unter den jetzt lebenden Typen am nächsten an die Afterspinnen oder Phalangiden (Opilioniden) anschließt. Diese spinnenähnlichen Geschöpfe, welche in unsern Gegenden namentlich durch die bekannten, lang- und dünnbeinigen Kanker (Weber, Schneider,

Schuster, Geist, Phalangium parietinum) vertreten sind, aber in den tropischen Regionen manche große, abenteuerlich geformte und verzierte Repräsentanten aufzuweisen haben, sind den eigentlichen Spinnen gegenüber dadurch ausgezeichnet, daß der Leib zwischen dem Kopfbruststücke und dem Hinterleibe nicht eingeschnürt und der letztere in eine geringe Anzahl



Eophrynus Prestwichi, aus englischer Kohlenformation; in doppelter Vergrößerung. (Nach H. Woodward.)

(meist 6) Abschnitte geteilt ist. In der Kohlenformation treten nun einige miteinander verwandte Formen auf, welche den lebenden Opilioniden nahestehen (z. B. Kreischeria). Andre Sippen, wie der prächtige Eophrynus (s. obenstehende Abbildung) oder Anthracomartus, entfernen sich schon beträchtlich weiter von den lebenden Typen und zeigen uns, daß damals ein augenscheinlich sehr ausgebreiteter Formenkreis existierte, dessen letzte Ausläufer unsre Afterspinnen sind, welcher aber bedeutend größere Mannigfaltigkeit und vielfach von den jetzt lebenden Verwandten abweichende Merkmale zeigte.

1. Protolycosa, ein Liphistide aus der Kohlenformation Schlesiens. (Nach F. Römer.) — 2. Xylobius sigillariae, aus der Kohlenformation Nordamerikas. (Nach Dawson.) a Vorderteil — b Hinterende, vergrößert.

Die echten Spinnen oder Araneiden, welche durch die Einschnürung zwischen Kopfbruststück und Hinterleib und durch die ungegliederte Beschaffenheit des letztern charakterisiert sind, hat man bis jetzt in der Steinkohlenformation in typischen Vertretern noch nicht nachweisen können. Wohl sind einige Funde bekannt geworden, die in allgemeiner Körpertracht, in den Füßen, in der Abschnürung des Bauches vom Vorderleibe durchaus den Spinnencharakter tragen; indes soweit die Erhaltung eine nähere Untersuchung überhaupt gestattet, zeigen sie ein abweichendes Merkmal, der Hinterleib ist nämlich gegliedert (s. obenstehende Abbildung von Protolycosa). Es ist das ein Charakter, welchen wir in der jetzigen Schöpfung bei der einzigen Gattung Liphistium kennen, deren einzige Art bisher nur auf einer kleinen Insel an der Küste von Malakka gefunden worden ist; hier hat sich dieser letzte Überrest der

Digitized by Google

einst in der Kohlenformation verbreiteten Familie der Liphistiden erhalten, eine der merkwürdigsten Reliquien aus uralter Zeit, ein lebendes Fossil, das durch eine geringe geologische Veränderung für immer vertilgt werden kann. Aller Wahrscheinlichkeit nach stellen die Liphistiden die Stammformen der echten Spinnen dar, doch wissen wir darüber nichts Näheres, da aus der ganzen ungeheuern Zeit vom Schlusse der Kohlenformation bis zum Beginne der Tertiärzeit uns keine Spur von Arachniden überliefert ist.

Außer den Insekten und Spinnentieren ist noch das Auftreten einiger Tausendfüße zu erwähnen, welche sich an verschiedenen Punkten, namentlich in Nordamerika, ferner in Böhmen und England, gefunden haben. Alle diese Reste landbewohnender Tiere kommen jedoch in der Kohlenformation nur spärlich vor, ja die meisten derselben sind nur in je einem Exemplare vorhanden; dagegen treten die Landpflanzen in ungeheurer Menge auf und sind nicht nur für die Urgeschichte der Pflanzenwelt, sondern auch in geologischer Beziehung für die Altersbestimmung und die Wiedererkennung gleichzeitiger Ablagerung in entfernten Bezirken von größter Wichtigkeit.

Die Pflanzenwelt der Kohlenformation.

Das Studium der fossilen Pflanzen stößt auf ganz außerordentliche Schwierigkeiten, auf noch weit größere, als denen man bei tierischen Versteinerungen zu begegnen pflegt; vor allem ist daran der Umstand schuld, daß wir in der Regel nur vereinzelte Bruchstücke vorfinden, abgefallene Blätter, im günstigen Falle einzelne Zweige, Rindenfragmente, Stammstücke, Wurzelstöcke, isolierte Früchte und Samen rc. Man weiß dann nicht, welche von diesen zerstreuten Teilen zu einer Pflanze zusammengehören; es bleibt nichts andres übrig, als Hölzer, Blätter, Samen rc. für sich zu untersuchen und zu beschreiben und es künftigen glücklichen Funden zu überlassen, Aufklärung über die Zusammengehörigkeit der zerstreuten Teile zu geben.

Je näher ein Fund fossiler Pflanzen zeitlich der jetzigen Periode steht, um so leichter wird die Bestimmung durch den naheliegenden Vergleich mit der heutigen Flora; je älter die Ablagerungen, um so fremdartiger wird die Mehrzahl der Typen, um so spärlicher die Verwandtschaftsbeziehung zur Jetztwelt, um so schwieriger und unsicherer die Deutung. Ganz besonders gilt das natürlich von den Vorkommnissen der paläozoischen Ablagerungen, unter denen uns manche noch ziemlich unklar sind. Auf der einen Seite gibt es hier sehr zahlreiche Funde, bei welchen verhältnismäßig große Fragmente der Pflanzen erhalten sind, und bei denen die äußern Formverhältnisse und solche Merkmale gut hervortreten, die mit freiem Auge oder mit schwacher Vergrößerung verfolgt werden können. Allein bei diesen Vorkommnissen, die meist auf der Oberfläche von Schieferplatten liegen, ist es in der Regel nicht möglich, die feinern Strukturverhältnisse genau zu ermitteln, den mikroskopischen Bau festzustellen. Auf der andern Seite finden wir verkieselte Bruchstücke, an welchen wir gerade die letztern Merkmale im Dünnschliffe fast so genau prüfen können wie bei lebenden Exemplaren; allein hier ist dann meist die äußere Form wenig deutlich, so daß man oft nicht genau bestimmen kann, von welcher Pflanze man die ganze Struktur eines einzelnen Teiles mit so vieler Präzision ermittelt hat.

Es ist ein überaus mühsamer und langwieriger Weg, den die Phytopaläontologie, das Studium der fossilen Pflanzen, zurückzulegen hat, um endlich zu einem befriedigenden Ergebnisse zu gelangen. Schritt für Schritt erweitert sich die Kenntnis, es sind bereits schöne Resultate erzielt worden, aber doch ist der zurückgelegte Weg geringfügig im

Vergleiche zu dem, der noch übrigbleibt. Anfangs beschränkte man sich hauptsächlich darauf, die äußere Gestalt und die auffallendern Merkmale zu untersuchen, man gruppierte danach die einzelnen Funde, ohne für die Ermittelung der wahren Beziehungen zu sorgen. Es gelang zwar auf diese Weise, einen Überblick über ein großes Gebiet zu gewinnen, die einzelnen Arten wiederzuerkennen und so ein für geologische und praktisch bergmännische Zwecke ausreichendes System festzustellen. Dabei blieb aber die wirkliche Kenntnis in botanischer Hinsicht zurück, ja vielfach geriet man in entschiedene Irrtümer, wie das ein Beispiel erläutern mag. Die Einteilung der Blattwedel bei den Farnen wurde wesentlich nach der äußern Form und dem Verlaufe des Blattgeäders, der „Nervatur", vorgenommen. Wenn wir jedoch die lebenden Typen vergleichen, so sehen wir, daß dieses Merkmal durchaus nicht von entscheidender Bedeutung ist, sondern daß eine wirklich naturgemäße Gruppierung nur nach den auf der Unterseite der Blätter befindlichen Fruchthäufchen (s. nebenstehende Abbildung) und nach der Gestalt der diese zusammensetzenden Fruchtkapseln oder Sporangien durchführbar ist, während ganz ähnliche Typen von Blattform und Nervenverlauf in ganz verschiedenen Abteilungen vorkommen. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß man bei den fossilen Farnen oft ganz verschiedene, nach der Fruktifikation weit voneinander abweichende Typen miteinander vereinigt habe. In der That ist schon eine ganze Anzahl solcher Fälle bekannt geworden, in denen durch Auffindung der Fruchtstände wesentliche Änderungen haben vorgenommen werden müssen, und manche der verbreitetsten und artenreichsten sogenannten Genera, wie Sphenopteris, Neuropteris, Taeniopteris, Pecopteris, erweisen sich nicht als wirkliche Gattungen, sondern als Nervationstypen, die in den verschiedensten Abteilungen der Farnkräuter wiederkehren. Nehmen wir die lebenden Pflanzen zu Hilfe, so finden wir z. B., daß der Sphenopteris-Typus bei zwölf verschiedenen Gattungen aus drei Familien, der Pecopteris-Typus bei 14 Gattungen aus vier Familien, der Neuropteris-Typus bei 14 Gattungen aus fünf Familien vorkommt. Wenn wir also von dem Vorkommen einer Sphenopteris, Neuropteris rc. in der Kohlenformation sprechen, so ist damit keine botanische Bestimmung gegeben, sondern nur der Ausdruck der Ähnlichkeit, welche mit einem unbeständigen Typus in einem untergeordneten Merkmale besteht. Trotzdem aber können wir diese künstlichen Sammelgruppen nicht entbehren, solange nicht für alle Arten durch Auffindung von Fruktifikationen der Nachweis für ihre wahre Stellung geliefert ist.

Lebendes Farnkraut (Aspidium) mit den Fruchthäufchen (Sori) auf der Unterseite des Blattes.

Solche Fälle treten uns nicht nur bei den Farnen entgegen, sondern auch in andern Abteilungen, und es ist im höchsten Grade wahrscheinlich, daß gerade einige der verbreitetsten und bekanntesten Typen der Kohlenformation, wie Sphenophyllum, Asterophyllites &c., äußerlich ähnlich geformte, in ihrer Struktur aber abweichend beschaffene Teile weit voneinander verschiedener Gewächse darstellen. Wie schon erwähnt, hat in sachlicher Beziehung die Kenntnis der fossilen Pflanzen in neuerer Zeit große Fortschritte gemacht, teils durch ausgedehntere Anwendung des Mikroskopes, teils durch Untersuchung sehr großen Materiales, wodurch es gelang, die Zusammengehörigkeit bisher nur getrennt bekannter Teile nachzuweisen und Charaktere wie die Fruktifikation der Farne an einer größern Artenzahl zu verfolgen. In formeller Beziehung hat jedoch diese Förderung unsers

1. Stammstück von Archaeocalamites radiatus (Calamites transitionis). — 2. Annularia. — 3. Sphenophyllum. (Nach F. Römer.) Vgl. Text, S. 165.

Wissens vorläufig noch keine Besserung mit sich gebracht, im Gegenteile erzeugt der Gegensatz zwischen der empirischen Behandlung nach äußern Kennzeichen bei einem Teile der Steinkohlenflora und der Anordnung nach rationellen Charakteren bei einem andern eine überaus verwickelte Gruppierung. Überdies sind die neuern Untersuchungen noch so ziemlich in einem gärenden Anfangsstadium begriffen, die Meinungen über Wert und Bedeutung verschiedener Beobachtungen gehen sehr weit auseinander, und so kommt es, daß wir bei allen Fortschritten in der Erkenntnis der Thatsachen doch in formeller Beziehung, was die Kohlenpflanzen anlangt, geradezu einem Chaos gegenüberstehen. Dieser Zustand wird es begreiflich erscheinen lassen, wenn wir nicht allzu tief auf die Besprechung dieser Flora eingehen, sondern nur flüchtig die wichtigsten Formen hervorheben.

Eine erste Gruppe von Typen schließt sich eng an die jetzt lebenden Schachtelhalme an. Es sind die sogenannten Kalamarien, eine Familie, die sich von jenen namentlich durch das Fehlen von Blattscheiden an den Knoten des Stengels unterscheidet. Am häufigsten kommen die Kalamiten vor, baumartige Pflanzen mit langem, einfachem Stengel, der sich langsam nach oben verjüngt und nach Art der Schachtelhalme innen hohl ist und in

eine Anzahl von Querabteilungen zerfällt. Von andern Formen aus der Verwandtschaft der Kalamiten sind die **Annularien** zu nennen, anscheinend krautartige Pflanzen mit langen, dünnen Stengeln und mit zahlreichen Wirteln schmaler Blätter, welche den Rändern der Querscheidewände zwischen den einzelnen Abschnitten des schachtelhalmartig gegliederten Stammes angefügt sind. Andre Typen, die sogenannten Asterophylliten, stellen Zweige dar, an welchen die sehr lang gestreckten, schmalen Blätter ebenfalls zu Wirteln angeordnet sind, während unter dem Namen Sphenophyllum gleichfalls quergegliederte, krautartige Stengel begriffen werden, deren Blätter jedoch keilförmige Gestalt mit gerade abgestutztem Vorderende zeigen.

Farne der Kohlenformation. (Nach F. Römer.) 1. Sphenopteris obtusiloba. — 2. Neuropteris flexuosa. — 3. Pecopteris dentata. Vgl. Text, S. 166.

Die Bedeutung aller dieser Typen ist gerade jetzt sehr lebhaften Erörterungen unterworfen worden. Nach **Stur** läßt sich in einzelnen Fällen nachweisen, daß sie alle an einer und derselben Pflanzenart vereinigt sind, in der Weise, daß Calamites den Stamm, Annularia, Asterophyllites und Sphenophyllum verschiedene Arten von Ästen und Astteilen darstellen (s. Abbildung, S. 164). Endlich kommen dazu noch zwei Arten von Fruchtähren, welche unter den Namen Volkmannia und Bruckmannia beschrieben worden sind, so daß also Teile, die zur Aufstellung von sechs verschiedenen Gattungen Anlaß gegeben haben, an einer Pflanze vereinigt wären. Allerdings ist diese Auffassung nicht unangefochten geblieben; es ist darauf hingewiesen worden, daß Asterophylliten und Sphenophyllen zu verschieden in ihrer mikroskopischen Struktur seien, um zusammengehören zu können, und manche andre Einwürfe von großem Gewichte sind erhoben worden. Noch sind wir von einer endgültigen Entscheidung sehr weit entfernt, vorläufig scheint es, als ob man unter all den Namen, wie Calamites, Asterophyllites, Annularia und Sphenophyllum, verschiedenartige, äußerlich aber sehr ähnliche Dinge vereinigt hat. Nicht alle Kalamiten werden Sphenophyllen, Annularien &c. getragen und nicht alle Sphenophyllen, Asterophylliten und Annularien zu Kalamiten, sondern manche derselben in ganz andre Abteilungen gehört haben. Nur lang andauernde Untersuchungen und zahlreiche neue Funde

werden uns die ganze verwirrende Mannigfaltigkeit kennen lehren, in die wir heute nur einen ersten dürftigen Einblick thun können.

Die Farne der Kohlenformation scheinen der Mehrzahl nach nicht wie die in unsern Gegenden vorkommenden Formen krautartig gewesen zu sein, es waren meist Baumfarne mit kräftigem, holzigem Stamme, wie sie heute in wärmern Regionen und namentlich in solchen mit gleichzeitig feuchtem Klima vorkommen. Leider tritt uns auch hier der störende Umstand entgegen, daß die einzelnen Teile sich nicht im Zusammenhange finden; niemals sind die fossilen Stämme mehr mit den Blattwedeln vereinigt, so daß wir in absoluter Unwissenheit darüber sind, wie dieselben zusammengehören.

Noeggerathia, aus der Kohlenformation. (Nach Stur.)

Die Farnstämme, welche häufig verkieselt auftreten, sind in den Gattungen Caulopteris, Psaronius, Megaphytum rc. untergebracht worden, die sich durch Form, Stellung der Blattnarben und mikroskopische Struktur voneinander unterscheiden. Von weit größerer Wichtigkeit sind die Blattwedel, deren Studium allerdings, wie wir oben gesehen haben, mit den größten Schwierigkeiten verbunden ist. Die Abbildungen auf S. 165 zeigen einige der wichtigsten, lediglich nach dem Nervenverlaufe der Blätter und deren äußerer Form aufgestellten Gattungen, die allerdings wissenschaftlich unhaltbar, aber für die praktischen Bedürfnisse, für die Altersbestimmung der Ablagerungen noch unentbehrlich sind. Während manche dieser Abteilungen verhältnismäßig nicht allzu selten Fruktifikationen zeigen, sind solche bei andern teilweise sehr häufigen Typen, wie Alethopteris, Neuropteris rc., trotz der größten Aufmerksamkeit noch nie gefunden worden, und es hat dies neuerdings zu der Annahme geführt, daß diese Vorkommnisse der Kohlenformation trotz aller Ähnlichkeit überhaupt gar keine Farne gewesen seien.

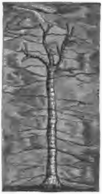
Die Auffindung der Fruchtstände hat für einen Teil der Formen eine richtige Einteilung und damit auch die Möglichkeit ergeben, die Farnflora der Karbonzeit näher mit jener der Jetztwelt zu vergleichen. Es ergab sich nach den Zusammenstellungen von Stur das merkwürdige Resultat, daß eine in der Jetztwelt nur noch in wenigen Gattungen in den Tropengegenden vorhandene Abteilung, die Familie der Marattiaceen, während der Kohlenformation außerordentlich verbreitet war und den größten Reichtum an Gattungstypen entwickelte. Dagegen sind die Polypodiaceen, heute die größte und umfassendste Gruppe der Farne, nur durch 4—5 zweifelhafte, allerdings sehr artenreiche Gattungen vertreten. Als dritte Gruppe gesellen sich dazu noch die Ophioglossaceen, zu welchen in der Jetztwelt z. B. unser bekanntes, in manchen Bergregionen häufiges Botrychium lunaria (s. Abbildung, S. 167 links) gehört; in der Kohlenformation reihen sich hier nur zwei Gattungen an, Rhacopteris und Noeggerathia (s. obenstehende Abbildung), ein sehr verbreitetes und bekanntes Geschlecht, über dessen Deutung man allerdings lange sehr im Zweifel war, und das lange zu den Sagopalmen oder Cykadeen gerechnet wurde.

LANDSCHAFT DER STEINKOHLENPERIODE.

Digitized by Google

Wohl als die auffallendste und fremdartigste Erscheinung für unser Auge, wenn es gestattet wäre, einen Blick in die Landschaft der Karbonzeit zu thun, hätten sich die seltsamen Schuppenbäume oder Lepidodendren und die Sigillarien oder Siegelbäume dargestellt. Mächtige Bäume, die Rinde in strengster Regelmäßigkeit mit großen, eigentümlichen Blattnarben dicht bedeckt, wenig verzweigt und mit eng anliegenden, grasartigen Blättern besetzt, boten sie einen Anblick, mit dem sich wohl keins der jetzt lebenden Gewächse vergleichen läßt. Sie sind es, die in der Pflanzenwelt der damaligen Periode wohl die größte Rolle spielten, und von denen namentlich die letztern schon dadurch von ganz außerordentlicher Wichtigkeit und Bedeutung sind, daß sie unter allen Gewächsen den mächtigsten Anteil an der Bildung der Kohlenflöze genommen und das meiste Material zur Ablagerung dieser geliefert haben. Mag auch die reiche Verzierung des Stammes bei genauerer Betrachtung die Bewunderung erregen, so müssen doch die riesigen Waldbestände, welche Lepidodendren und Sigillarien bildeten, im großen einen trostlosen und häßlichen Anblick geboten haben. Die Siegelbäume mit ihrem fast einfachen Stamme, der keine eigentlichen Äste entsandte, sondern sich höchstens in der Höhe ein oder das andre Mal gabelte, mit dem borstigen Laube hatten eine Gestalt wie die einer Bürste zum Reinigen von Lampencylindern; die Lepidodendren gabelten sich zwar öfter, ihre immerhin sehr spärlichen Äste breiteten sich weiter aus, aber sie bildeten keine dichte, schattende Krone, sie zeigten ein Bild von Kahlheit, das den Vorstellungen eines tropisch üppigen Urwaldes, wie man sie von den Wäldern der Kohlenformation hegt, nur wenig entspricht (s. obenstehende Abbildung rechts). Zwar ist es unmöglich, sich eine hinreichende Idee einer damaligen Landschaft zu machen, doch mag die beigeheftete Tafel „Landschaft der Steinkohlenperiode" wenigstens annähernd einen Begriff von den nach unsern Anschauungen unschönen Vegetationstypen der damaligen Periode gewähren. Die sumpfige Niederung ist mit den schachtelhalmähnlichen Kalamiten bedeckt, während die Terrainanschwellung zur Linken einen gemischten Wald von Lepidodendren und Sigillarien zeigt.

Botrychium lunaria, lebend. Vgl. Text, S. 166.



Lepidodendron Sternbergi.

Wenn wir für die mächtigen Schuppenbäume der Vorwelt in unsrer jetzigen Umgebung

nach verwandten Formen suchen, so dürfen wir nicht an solche Gewächse denken, welche gleich ihnen hoch in die Lüfte aufstreben. Im ganzen Baue finden wir die nächste Beziehung zu den meist kleinen Bärlappgewächsen oder Lykopodiaceen, und namentlich ist es die in unsern Gegenden häufige Selaginella spinulosa (s. untenstehende Abbildung), welche sich eng an die gewaltigen Lepidodendren anreiht. Allerdings würde der Laie dieses Verwandtschaftsverhältnis beim Vergleiche kaum ahnen, und selbst die Paläontologen waren lange in großer Verlegenheit, was sie mit den Schuppenbäumen anfangen sollten, bis Brongniart durch seine genauen Untersuchungen das Dunkel aufhellte. Der mächtige Stamm ist ganz mit den ziemlich großen, elliptischen „Blattkissen" bedeckt, die in Spiralreihen angeordnet sind und welche nach dem Abfallen der Blätter deutliche Narben zeigen. Diese Blattpolster geben Charaktere zur Bestimmung der Arten ab, doch muß man sich derselben mit großer Vorsicht bedienen, da nicht nur das Alter die Form derselben verändert, sondern auch die Erhaltung ihnen ein sehr verschiedenes Aussehen verleihen kann. Die Rinde ist dick und hat sich sehr häufig als eine Kohlenlage erhalten, an welcher zuweilen die Struktur der Kissen und Narben genau verfolgt werden kann (s. Abbildung, S. 169); in der Regel aber bröckelt die Kohlenrinde leicht ab, und je nach dem Grade, in dem dies geschehen ist, ist die Gestalt eine andre. Ist endlich die ganze Rinde abgefallen, so sieht man unter derselben den innern Abdruck, an welchem die Kissen ebenfalls noch zu erkennen sind, aber mit beträchtlich anderm Aussehen, so daß auf derartige abweichende Erhaltungszustände nicht nur eigne Arten, sondern sogar Gattungen gegründet worden sind. Meistenteils sind die im Gesteine liegenden Stämme ganz platt gedrückt, nur die Rinde ist gut erhalten, das Holz zu einer dünnen Lamelle komprimiert, das Mark meist ganz verschwunden, so daß man auf eine sehr lockere Beschaffenheit dieser Teile schließen darf.

Selaginella spinulosa, eine lebende Bärlapppflanze in natürlicher Größe, die nächste Verwandte der Lepidodendren.

Der mächtige, oft gegen 40 m hohe Stamm sendet keine eigentlichen Äste aus, die als seine schwächern Seitensprosse erscheinen, sondern in ziemlich beträchtlicher Höhe über dem Boden gabelt sich der Stamm in zwei ganz gleich starke Fortsätze, ebenso jeder von diesen noch etlichemal, so daß eine beschränkte Zahl von Verzweigungen entsteht. Am untern

Teile des Stammes waren die Blätter abgefallen, die höhern Verzweigungen dagegen waren mit borstigen, grasartigen Blättern dicht besetzt und trugen an ihren Enden Fruchtähren oder Zapfen, Lepidostrobus, die man in der Regel isoliert findet, und die daher nur in besonders günstigen Fällen auf die Mutterpflanze bezogen werden können. Sehr eigentümlich sind die Wurzeln, die sogenannten Stigmarien, beschaffen, deren wahre Bedeutung lange nicht erkannt worden war. Diese bilden eins der häufigsten Vorkommnisse der Steinkohlenformation; es sind sonderbar gestaltete, wurzelförmige Körper, bei welchen ein kurzes, stammartiges Zentrum sich in vier sich mehrfach gabelnde Ausläufer teilt. Sie können eine Länge von 6 m und darüber erreichen und sind ganz mit kreisförmigen Narben bedeckt, an welchen bei guter Erhaltung gegen oben sich zuspitzende Würzelchen angeheftet sind. Diese Stigmarien, welche oft zu Tausenden in den Schieferthonen vorkommen, erhielten die verschiedenartigsten Deutungen, man verglich sie mit Palmen, Kaktussen, mit Wolfsmilchgewächsen 2c. und dachte sie sich als eine in Sümpfen wurzelnde oder auf dem Wasser schwimmende Pflanze, welche über der Wurzelausbreitung eine eigentümliche glocken- oder kegelförmige Kuppel trug. In der That hat man bisweilen Reste einer solchen Kuppel gefunden, allein deren Vorhandensein stellt nicht den normalen Zustand dar. Die Erkenntnis der wahren Natur der Stigmarien wurde zunächst durch mikroskopische Untersuchung der Struktur angebahnt, welche auffallende Übereinstimmung mit derjenigen der Siegelbäume ergab. Man vermutete, daß die Stigmarien geradezu die Wurzeln der Sigillarien seien, und diese Ansicht wurde vollständig bestätigt, als zuerst Binney und nach ihm verschiedene andre beide Vorkommnisse in unzweifelhafter Verbindung als Stamm und Wurzel eines und desselben Gewächses fanden. Diese Beobachtungen wurden rasch verallgemeinert, man erklärte alle Stigmarien für Sigillarienwurzeln; indes man kam hierdurch auf bedeutende innere Widersprüche. Man fand eine Menge von Lokalitäten, wo Stigmarien zu Tausenden vorkommen, die Sigillarien dagegen fehlen oder äußerst selten sind; ja, dieses Verhältnis ist für die älteste Abteilung der Kohlenformation geradezu Regel. Es ergab sich daraus, daß jene Deutung nicht allgemein richtig sein könne, und daß noch andre Gewächse Stigmarienwurzeln gehabt haben müssen. Neuerdings ist man ziemlich allgemein, namentlich nach den Untersuchungen von Schimper, zu der Ansicht gelangt, daß solche auch bei den Lepidodendren und ihren Verwandten vorkommen, und diese Meinung ist in hohem Grade wahrscheinlich. Allerdings bleibt noch immer fraglich, wie es denn mit den oben erwähnten kuppelartigen Teilen steht, und was diese zu bedeuten haben; leider sind dieselben noch sehr wenig bekannt, doch hat die Annahme viel für sich, daß man es mit einem frühen Entwickelungsstadium des Sigillarienstammes zu thun habe, bevor derselbe senkrecht in die Höhe wächst.

Stammstück von Lepidodendron Sternbergi mit teilweise erhaltener Rinde. (Nach F. Römer.) Vgl. Text, S. 168.

Die Übereinstimmung im Baue der Wurzeln bei Sigillaria und Lepidodendron läßt schon auf eine gewisse Verwandtschaft beider schließen, und auch in manchen andern

Beziehungen verhält es sich ähnlich: der Stamm der Siegelbäume ist ganz gerade, säulenartig, entweder ohne jede Spur von Astbildung oder mit nur ganz vereinzelten Gabelungen; die Blattkissen, kleiner als bei den Lepidodendren, stehen in senkrechten Reihen übereinander und zwar in der Weise, daß die Polster von je zwei nebeneinander stehenden Reihen miteinander alternieren. Der Erhaltungszustand ist in der Regel wie bei den Lepidodendren, die Stämme sind ganz flach gedrückt und die durch Entrindung derselben hervorgebrachten Unterschiede im Aussehen noch größer als bei diesen.

So ähnlich aber auch die beiden Abteilungen einander in manchen Punkten sind, so treten doch in andrer Beziehung sehr wesentliche Verschiedenheiten auf, und in der mikroskopischen Struktur nähern sich die Sigillarien in manchen Punkten den Cykadeen oder Sagopalmen. Es ist infolgedessen mehrfach die Ansicht ausgesprochen worden, daß sie nicht zu den bärlappähnlichen Gewächsen und überhaupt nicht zu den Kryptogamen gehören, sondern den Gymnospermen oder nacktsamigen Pflanzen, den Cykadeen und Nadelhölzern, angereiht werden müssen, doch scheinen die neuesten Funde gegen diese Annahme zu entscheiden.

Kalamiten, Farne, Schuppenbäume und Siegelbäume mit ihren zahlreichen Typen und Verwandten sind die verbreitetsten und wichtigsten Pflanzenformen der Kohlenformation, sie tragen wesentlich zur Flözbildung bei, und namentlich den Sigillarien, nächst ihnen den Lepidodendren scheint die erste Rolle in dieser Richtung zuzufallen. Andre, höher stehende Pflanzentypen treten nur vereinzelt auf. So rechnete man zu den Sagopalmen die Gattung Noeggerathia, die jetzt, wie es scheint mit vollem Rechte, zu den Farnen gestellt wird, und noch einige andre Gattungen, wie Dicranophyllum und Medullosa, werden als Cykadeen betrachtet, doch ist ein vollständiger Beweis für die Richtigkeit dieser Deutung nicht vorhanden. Unzweifelhaft ist dagegen das Vorkommen von Koniferen oder Nadelhölzern, namentlich durch Funde von Hölzern, welche denjenigen der lebenden Gattung Araucaria ähnlich sind und wahrscheinlich zu der in permischen Ablagerungen sehr verbreiteten Gattung Walchia gehören.

Eigentliche Blütenpflanzen, sogenannte Angiospermen, hat die Kohlenformation bis jetzt noch nicht geliefert; wohl wurden solche mehrfach angeführt, indes die Mehrzahl aller der Angaben beruht entweder auf unrichtiger Deutung von Sigillarien und Stigmarien oder auf Verwechselung von Resten geologisch jüngerer Pflanzenarten mit solchen der Kohlenformation, während einzelne Vorkommnisse wenigstens für eine sichere Feststellung der Charaktere nicht ausreichend erhalten waren. Die höchst organisierten Vegetationsformen der Kohlenformation sind demnach Nadelhölzer.

Bildung der Kohlenflöze.

Bei denjenigen, welche die Vorkommnisse nicht näher kennen, findet man in der Regel die irrige Meinung, daß vor allem die Steinkohle selbst wohlerhaltene Pflanzenreste zeige, und daß deren Flöze die Hauptfundstellen für vegetabilische Fossilien sind. Dies ist nicht im mindesten der Fall: die prachtvollen Exemplare von Farnen, Kalamiten, Sigillarien, Lepidodendren ꝛc. stammen aus den Schieferthonen und Sandsteinen, welche die Steinkohle begleiten, diese selbst enthält fast nie deutliche Pflanzen, sie stellt eine dichte, meist muschelig brechende Masse dar, welche dem freien Auge und einer einfachen Vergrößerung keine Spuren organischen Baues zu erkennen gestattet. Selbst im Dünnschliffe ist die zellige Struktur wenig deutlich, und erst durch die Anwendung eigentümlicher Methoden, die wir noch näher kennen lernen werden, enthüllt sie die zarten Einzelheiten ihres Baues.

Derartige Untersuchungen eingehenderer Art sind erst in neuerer Zeit vorgenommen

worden. Ehe man sie kannte, mußte der Gegensatz zwischen den Schiefern mit ihren trefflichen Pflanzen und den Kohlen, welchen sie fehlen, in hohem Grade auffallen. Einige Forscher glaubten sogar daraus folgern zu müssen, daß jene höher organisierten Gewächse nicht oder nicht in einer irgend nennenswerten Weise zur Kohlenbildung beigetragen haben, sondern daß diese wesentlich andern Vorkommnissen zuzuschreiben sei. Es wurde die Theorie aufgestellt, daß die Steinkohlenflöze sich im Meere abgelagert haben und aus der Zusammenhäufung niedrig organisierter Wasserpflanzen, speziell von Algen, entstanden seien. Man dachte dabei an Verhältnisse, wie sie jetzt das Sargassomeer darstellt, jener Teil des Atlantischen Ozeanes, in welchem ungeheure Mengen von Tangen das Wasser erfüllen, und man glaubte, daß auch heute am Boden des Sargassomeeres sich Steinkohlenbildung vollziehe. Allerdings spricht gegen diese Auffassung das Fehlen von marinen Tierresten im „produktiven" Kohlengebirge, die unerklärliche Erscheinung, daß die mit den Flözen wechsellagernden Schiefer keine Algen, sondern Landpflanzen enthalten, und das Ergebnis der Tiefseeuntersuchungen, nach denen am Boden des Sargassomeeres keine Anhäufungen abgestorbener Tangmassen vorhanden sind. Eine entscheidende Widerlegung aber haben diese Ansichten erst durch genaue mikroskopische Beobachtungen erfahren; wohl sind solche schon mehrfach von verschiedenen Forschern angestellt worden, aber doch nicht in ausreichendem Maßstabe, erst die Arbeiten von Gümbel haben umfangreiches Material so erschöpfend behandelt, daß kein Zweifel mehr möglich ist.

Die Methode der Kohlenuntersuchung ist eine ziemlich verwickelte. Man behandelt dünne Splitter der Kohle mit einer gesättigten Lösung von chlorsaurem Kali, welcher stark konzentrierte Salpetersäure beigesetzt ist. Diese Flüssigkeit zieht aus den meisten Kohlen bei längerm Stehen oder beim Erwärmen in der Regel eine Menge humusähnlicher Bestandteile aus und färbt sich dabei dunkelbraun, während die Kohlenstückchen hellbraun oder gelb werden und nun entweder unmittelbar oder nach einer Behandlung mit Alkohol oder Ammoniak zur Beobachtung geeignet sind. Manche Proben verhalten sich gegen die Einwirkung dieser Mittel unempfindlich, man mischt dann die Kohle mit trocknem chlorsauren Kali und übergießt diese Mischung mit sehr starker Salpetersäure. Übrigens gehören beide Methoden und ganz besonders die letztere zu den etwas bedenklichen Versuchen, die wegen Explosionsgefahr sehr vorsichtig behandelt werden müssen, und vor welchen namentlich jeder aufs eindringlichste zu warnen ist, der nicht über Übung und Gewandtheit in Behandlung chemischer Experimente verfügt. In manchen Fällen, die allen andern Angriffen widerstehen, führt eine einfache Einäscherung der Kohle und Untersuchung der Asche sehr leicht zum Ziele, wenn auch die auf diesem Wege erzielten Resultate an Deutlichkeit mit jenen der andern Methoden sich nicht vergleichen lassen.

Man gelangt auf diesem Wege zu dem Ergebnisse, daß die Steinkohlen ganz aus Pflanzenteilen und Pflanzentrümmern bestehen, die, wenn auch stark angegriffen, doch die pflanzliche Struktur noch erkennen lassen; namentlich Lepidodendren, Sigillarien, Kalamiten und ihre verschiedenen Verwandten haben das Material für die Bildung der Flöze geliefert. Die Pflanzenteile selbst sind in kohlige Substanz verwandelt, und in den Hohlräumen und Lücken zwischen den einzelnen Trümmern haben sich humusartige Substanzen eingelagert, welche als Zersetzungsprodukte der Pflanzen bei geringem Luftzutritte entstehen. Auf diese Weise erhält die Steinkohle das Aussehen einer amorphen und strukturlosen Substanz, und erst nach Hinwegräumung der humusartigen Stoffe durch die oben geschilderten chemischen Operationen gelingt es, die wahre Natur der Kohle festzustellen.

Ist demnach die Bildung der Steinkohlen aus Landpflanzen sichergestellt, so bleibt immer noch die zweite Frage zu lösen übrig, ob die damalige Vegetation unmittelbar an der Stelle, wo sie gewachsen ist, zu Kohle umgewandelt wurde und Flöze gebildet hat, oder ob

wir es mit Zusammenschwemmungen vegetabilischer Teile in den Niederungen zu thun haben. In früherer Zeit glaubte man dem Treibholze, wie es durch Flüsse dem Meere oder Seen zugeführt wird, einen hervorragenden Anteil an der Flözbildung zuschreiben zu müssen. Es mag nicht ausgeschlossen sein, daß einzelne unbedeutende und sehr unregelmäßige Kohlenvorkommnisse, die zwischen marinen Ablagerungen eingeschaltet sind, sich auf diese Weise gebildet haben; für die normalen Kohlenschichten aber, die sich über weite Strecken mit gleichbleibender Mächtigkeit ausbreiten, darf ein derartiger Faktor nicht herbeigezogen werden. Daher hat man in neuerer Zeit in richtiger Würdigung der Schwierigkeiten, welche der Treibholztheorie entgegenstehen, eine Modifikation derselben eingeführt; man nimmt nicht mehr an, daß Massen unversehrter Stämme zusammengeschwemmt worden seien, sondern, daß in Gegenden mit überreicher, üppiger Vegetation Pflanzenmoder, Holzmulm, kurz, die ganze Menge verwesender Pflanzenstoffe durch die Wasserläufe aus höhern Gebieten in die Tiefe geführt und hier in Binnenseen abgelagert wurden. Es werden namentlich die sehr oft vorhandene deutliche, sehr feine Schichtung der Flöze, die vielfache Abwechselung dünner Lagen von Schiefer und Kohle und Ähnliches als Belege für diese Ansicht angeführt. Allein auch der Torf unsrer Torfmoore zeigt zwar nicht in den oberflächlichen Partien, wohl aber in größerer Tiefe deutliche Schichtung, und eine Einlagerung thoniger Sedimente, z. B. in einem Torfmoore, kann sehr leicht stattfinden, wenn dasselbe durch stärkern Wasserzufluß auf längere oder kürzere Zeit überschwemmt wird.

Dagegen lassen sich sehr gewichtige Gründe gegen diese Anschwemmungstheorie anführen, welche zwar eine Mitwirkung solcher Vorgänge in keiner Weise ausschließen, aber doch beweisen, daß dieselben weder für sich allein noch in vorwiegender Weise neben andern Faktoren die Kohlenbildung bewirkt haben können, sondern daß eine an Ort und Stelle gewachsene Vegetation den Hauptanteil an der Kohlenbildung hat. Hierher gehört zunächst die Erscheinung, daß oft die unter einem Flöze liegende Schieferschicht mit den versteinerten Wurzelstöcken der kohlenbildenden Pflanzen erfüllt ist und aufrecht stehende Stämme auftreten und zwar mit einer Menge und Regelmäßigkeit, welche beweist, daß es sich nicht um eingeschwemmte Bäume handelt, welche durch die Schwere der an den Wurzeln klebenden Erdballen in senkrechte Lage gebracht sind. In den Höhlungen solcher Bäume hat man Landschnecken, Tausendfüße, ein Stegokephalenskelet 2c. gefunden. Vor allem aber ist der Umstand von entscheidender Wichtigkeit, daß die Kohlenflöze über ungeheure Flächen, unter Umständen über viele Tausend Quadratkilometer, ganz gleichmäßig ausgebreitet sind. Um solche Vorkommnisse zu erklären, müßte man vom Standpunkte der Zusammenschwemmungstheorie zu durchaus unnatürlichen Voraussetzungen greifen, man müßte annehmen, daß während langer Zeiträume alle Zuflüsse eines riesigen Binnensees vom Umfange eines der großen nordamerikanischen Seen nur Spuren von thonigem Sedimente, dafür aber riesige Mengen von Pflanzendetritus geführt haben, eine Vorstellung, die mit allem, was wir über Erosion und Sedimentbildung wissen, in grellem Widerspruche steht.

Die beste Lösung der Frage gibt uns der Vergleich der Steinkohle mit jüngern Bildungen. Die jüngern Kohlen der mesozoischen Zeit bilden eine Kette, welche die alten Steinkohlen an die Braunkohlen der Tertiärzeit knüpft, und von diesen führt uns ein ganz allmählicher Übergang zu den Torfmooren der Jetztzeit. Wohl dürfen wir an keine vollständige Übereinstimmung denken, da die letztern wesentlich aus einer Moosvegetation sich entwickeln, während jene alten Ablagerungen großen, baumartigen Gewächsen ihr Material verdanken; die Übereinstimmung beruht lediglich in dem Vorherrschen gleicher äußerer Verhältnisse, in der unvollkommenen Zersetzung einer Sumpfvegetation infolge des durch Wasser gehinderten Luftzutrittes. In der äußern Erscheinung mögen mit jenen kohlenliefernden Waldungen der

karbonischen Periode die Mangrovesümpfe der Jetztzeit, welche an niedern Küstenstrecken der Tropenzone undurchdringliche Dickichte bilden, am meisten Ähnlichkeit gehabt haben,

Wir müssen uns die Kohlenfelder der **Karbonzeit** als weite, flache Inlandsbecken vorstellen, welche im Laufe von Millionen von Jahren vielfachem Wechsel äußerer Bedingungen ausgesetzt waren. In manchen Zeiträumen waren sie Seen, denen durch Zuflüsse Thon, Sand, Gerölle, Pflanzenteile zugeführt wurden; es bildeten sich Schieferthone, Sandsteine, Konglomerate, oft mit reicher Beimengung organischer Substanzen und mit den wohlerhaltenen Versteinerungen von Landpflanzen. Später wurden die Zuflüsse spärlicher, oder das Becken wurde durch Vertiefung seines Abflusses oder durch eine andre Ursache entwässert, es erwuchs auf seinem Boden eine Sumpfvegetation, deren absterbende Teile vertorften, es bildete sich ein Kohlenflöz. Späterhin entstand wieder ein See, und so änderten sich die Verhältnisse immerfort, so daß in manchen Gegenden Hunderte von Flözen und Flözchen mit Zwischenlagern von Schiefern und Sandsteinen wechseln.

An einigen Punkten finden sich im produktiven Kohlengebirge Einlagerungen, welche eine allerdings in der Regel sehr beschränkte Fauna von Meerestieren enthalten, wie das z. B. in Oberschlesien, in Westfalen, Belgien, in verschiedenen Teilen Englands und Nordamerikas der Fall ist. Es waren das offenbar Becken, welche nahe am Ozeane lagen, und in welche durch irgend eine Veränderung im gegenseitigen Stande von Land und Meer das letztere für kurze Zeit vordrang, ohne das Gebiet auf die Dauer zu behaupten.

Verbreitung der Kohlenpflanzen und Klima der Kohlenformation.

Können wir nach dem, was gesagt wurde, uns von der Art und Weise der Kohlenbildung wenigstens in allgemeinen Umrissen ein Bild machen, so stehen doch in den wichtigen Einzelheiten eine Menge der schwierigsten Fragen teilweise noch als ungelöste Rätsel da. Schon der eine Umstand, daß in allen frühern Formationen Kohlenflöze überaus spärlich auftreten, und daß sie uns auch aus allen spätern Zeiträumen wenigstens in weit geringerer Menge bekannt sind, ist eine überaus schwer zu erklärende Erscheinung. Vielleicht noch seltsamer aber ist die geographische Verbreitung der Kohlenflöze und der dieselben begleitenden Pflanzen, welche selbst in sehr weit voneinander entfernten Gegenden einen auffallenden Grad von Gleichmäßigkeit zeigen. Wohl ist es eine entschiedene Unrichtigkeit, wenn behauptet wird, die Karbonflora habe eine allgemeine Verbreitung und sei überall dieselbe. Ganz abgesehen davon, daß bei aller Ähnlichkeit doch z. B. die Karbonflora in Amerika eine bedeutende Zahl teilweise häufiger Arten aufzuweisen hat, welche in Europa fehlen, sind die obern Karbonablagerungen von Australien, Indien und Südafrika durch eine sehr eigenartige Flora ausgezeichnet und finden sich hier Pflanzenschichten mit Gattungen, wie z. B. Glossopteris, welche sonst der Kohlenformation fremd sind, und deren nächste Verwandte anderwärts erst in mesozoischen Ablagerungen aufzutreten pflegen.

Immerhin bleibt es auffallend genug, wenn wir eine wenigstens der Hauptsache nach übereinstimmende Pflanzenbevölkerung in Europa, in Sibirien, China, auf der Sinaihalbinsel und in Nordamerika, Brasilien, Australien und Tasmanien und ebenso in den eisigen Polarregionen auf der Bereninsel, auf Spitzbergen, Nowaja Semlja und im polaren Amerika antreffen. Es hat diese Erscheinung den Geologen schon viel Kopfzerbrechen verursacht und wird es auch in Zukunft. Die Menge der Kohlen, welche in den Flözen abgelagert ist, hat zu der Annahme geführt, daß eine sehr üppige Vegetation, wie sie sich nur in tropischer Hitze entwickeln konnte, vom Äquator bis zu den Polen verbreitet war, und daß auf der ganzen Erde ein ganz gleichmäßiges, sehr warmes Klima herrschte. Aber die Grund-

voraussetzungen dieser Anschauung leiden schon an einigen ganz gewaltigen Fehlern. In erster Linie ist es absolut falsch, daß eine üppige Vegetation nur in heißen Ländern vorkommen könne: die Urwälder des Feuerlandes und vieler Gegenden der gemäßigten Zone entwickeln einen ganz enormen Reichtum vegetabilischen Lebens, der allen Anforderungen für die Kohlenbildung vollauf genügen würde. Indessen ist auch gar kein zwingender Grund für die Annahme vorhanden, daß die Kohlenflöze durch eine sehr reiche Vegetation gebildet worden seien. In der Jetztwelt finden wir in den heißen und feuchten Tropengegenden keine sehr bedeutenden Anhäufungen von Pflanzenstoffen, so groß auch die Menge des Materiales sein mag, das jährlich abstirbt. Die weitaus größten und wichtigsten Ansammlungen dieser Art bieten heute die Torfmoore, welche das Material zu ihrer Bildung ganz vorwiegend wenigen kleinen, unscheinbaren Moosen verdanken. Für die Entstehung einer derartigen Lagerstätte handelt es sich eben in erster Linie nicht um die Menge der vorhandenen Pflanzenstoffe, sondern darum, ob die äußern Verhältnisse eine rasche und vollständige Zersetzung derselben gestatten oder verhindern. Diese geht bei höherer Temperatur sehr viel rascher und vollständiger vor sich als bei niedriger, und so kommt es, daß nirgends in warmen Ländern Torfmoore oder andre ihnen vergleichbare Anhäufungen von Pflanzenstoffen auftreten. Die Torfbildungen, die allein in der Jetztzeit mit den Kohlenflözen verglichen werden können, sind durchaus auf kühle und kalte Gegenden beschränkt, und man hat diesen Umstand vermutlich mit Recht als einen Beweis dafür angesehen, daß die Steinkohlenbildung ebenfalls in keinem sehr warmen Klima stattfand. Diese Annahme wird auch durch die geographische Verbreitung der Kohlenflöze unterstützt. In einem breiten Gürtel von fast 30 Breitengraden nördlich wie südlich vom Äquator, also im ganzen von fast 7000 km, ist keine Spur von produktiven, flözführenden Ablagerungen der Karbonformation mit Lepidodendren und Sigillarien gefunden worden. Die Hauptentwickelung der Kohle fällt auf der nördlichen Halbkugel zwischen 30 und 60°, und selbst vereinzelte Typen der in den jetzigen gemäßigten und kalten Zonen charakteristischen Kohlenpflanzen kennen wir nur von einem 25 Grad vom Äquator entfernten Punkte, nämlich aus dem Amsakgebirge zwischen Mursuk und Rhat in der Sahara. Alle bekannte Thatsachen der geographischen Verbreitung sprechen dafür, daß wir es mit einer Flora zu thun haben, die ihren Hauptsitz in gemäßigten Breiten hat.

Nun werden allerdings gegen eine solche Auffassung Einwände gewichtiger Art erhoben, die namentlich aus der Beschaffenheit der Kohlenflora abgeleitet werden. Wohl weichen die meisten Elemente derselben, die Kalamiten, Sigillarien, Lepidodendren rc., so weit von allen jetzigen Formen ab, daß es nicht möglich ist, aus der Lebensweise der nächsten jetzt lebenden Verwandten auf die Bedingungen zu schließen, unter welchen sie existierten. Aber die Baumfarne, welche uns in der Karbonformation in solcher Formenmenge entgegentreten, stehen in der That rezenten Typen nahe, welche vorwiegend in tropischen und subtropischen Regionen vorkommen. Indessen ist dies durchaus keine ausnahmslose Regel, denn man kennt auf der südlichen Halbkugel eine Anzahl von Baumfarnen in der gemäßigten Zone, ja sie erstrecken sich in Südamerika sogar auf Gegenden mit ziemlich kaltem Klima.

Man fragt daher wohl mit Recht, ob denn hinreichende Anhaltspunkte vorhanden sind, um die Steinkohlenflora kurzweg als diejenige eines heißen Klimas zu betrachten. Es hat allerdings zeitweilig in der Pflanzengeographie als ein Axiom gegolten, daß unter gleichen äußern Verhältnissen dieselben Pflanzentypen auftreten; allein die neuere Forschung hat diesen Grundsatz als unhaltbar erkannt, sie glaubt einen solchen Zusammenhang selbst für die Jetztzeit nicht zugeben zu dürfen, und um so weniger wäre eine solche Anschauungsweise für Floren gerechtfertigt, die vor vielen Millionen von Jahren auf

Erden geblüht haben. Der eine Umstand, daß in der Diluvialzeit Elefant und Nashorn in einem kalten Lande in der Nähe von Schnee und Eis gelebt haben, genügt, um zu zeigen, daß die Organismen Anpassungsfähigkeit an verschiedene klimatische Verhältnisse besitzen, und die Vorfahren einer Organismengruppe, die heute nur in tropischen oder in sehr kalten Strichen existiert, können die Fähigkeit besessen haben, auch bei andrer Temperatur zu leben als ihre Nachkommen. (Vgl. oben, S. 28 ff.) Wir müssen uns hier an eine außerordentlich wichtige Bemerkung Darwins erinnern, daß nämlich in der Regel die Nordgrenze des Vorkommens einer Pflanze in der Natur nicht unmittelbar durch die Wärmemenge bestimmt wird, die sie zu ihrer Existenz bedarf, sondern durch den Kampf ums Dasein. Eine Menge von Formen kommen in kältern Gegenden, in welchen sie wild nicht mehr gedeihen, noch ganz gut fort, sobald man sie von dem Kampfe ums Dasein befreit, sie z. B. in Beeten anpflanzt, in welchen man keine andern Pflanzen duldet. Sie werden also an weiterer Ausbreitung nach Norden lediglich dadurch gehindert, daß sie hier mit Mitbewerbern zusammentreffen, die dem kältern Klima besser angepaßt sind und sie daher verdrängen.

Betrachten wir nun die Steinkohlenflora, so sehen wir, daß es damals eine weit geringere Mannigfaltigkeit von Pflanzenformen gab als heute. Die beiden kräftigsten Stämme der Gefäßpflanzen, die Monokotylen und angiospermen Dikotylen*, mit andern Worten die eigentlichen blütentragenden Pflanzen, existierten noch nicht oder waren höchstens in ihren ersten dürftigen Anfängen vorhanden, die wir bisher noch nicht kennen. Diese mächtigen Konkurrenten fehlten, und es war daher für die damaligen Pflanzen viel leichter, sich unter ihnen nicht durchaus zusagenden Verhältnissen anzusiedeln. Mit dem Auftreten stärkerer Wettbewerbung wurden sie in die wärmern Regionen zurückgedrängt, und indem sie dann durch Millionen von Jahren größtenteils auf diesen Verbreitungsbezirk beschränkt blieben, paßten sie sich ausschließlicher jenen Verhältnissen an und verloren dadurch wieder an Fähigkeit, rauhere Klimate zu ertragen.

Wir sehen also, daß das Vorkommen von Baumfarnen durchaus keinen entscheidenden Beweis für heißes Klima liefert, und noch weit weniger ist das mit einer andern noch heute lebenden Pflanzenabteilung der Kohlenformation, mit den Koniferen oder Nadelhölzern, der Fall, welche bekanntlich heute in der gemäßigten Zone ihre Hauptverbreitung finden. Man hat endlich behauptet, die Kalamiten und vielleicht auch Sigillarien und Lepidodendren seien einjährige Pflanzen gewesen, die innerhalb Jahresfrist ihre gewaltige Größe erreichten und dann abstarben. Beispiele einjähriger Gewächse von so mächtigen Dimensionen kommen allerdings nur unter den Tropen vor, indes daß die genannten Kohlenbäume in diese Kategorie gehörten, ist eben nur eine Vermutung, zu deren Bestätigung kein Beweis angeführt werden kann.

Man hat für die Behauptung, daß damals eine gleichmäßige und sehr warme Temperatur über die ganze Erde herrschte, auch die Verhältnisse der gleichzeitigen Meerestiere angeführt. In der That scheinen nach den bisherigen Untersuchungen die Meeresbewohner der Kohlenformation von den Polen bis zum Äquator eine ziemlich gleichmäßige Beschaffenheit gezeigt zu haben, doch ist bei den Schlüssen in dieser Richtung durchaus nicht mit jenem Grade von Kritik vorgegangen worden, welchen eine so schwierige Frage erheischt. Es ist durchaus nicht nachgewiesen, daß diese Gleichmäßigkeit der Verteilung sich auf alle Tiergruppen erstrecke; ja, man hat noch nicht einmal versucht zu prüfen, ob nicht etwa gewisse Formenkreise in der einen oder der andern Region stark dominieren oder derselben ausschließlich eigen sind oder ihr fehlen. Es ist ferner nicht berücksichtigt worden, daß in etwas größerer Meerestiefe überall gleichmäßig kaltes Wasser vorhanden ist und daher die Bevölkerung von den Unterschieden klimatischer Zonen unabhängig wird. Die größte Bedeutung

hat jedenfalls das Vorkommen von Riffkorallen im hohen Norden, welche, wie wir gesehen haben, heute nur in seichtem Wasser und in Meeren leben, in welchen die Temperatur des Wassers das ganze Jahr nicht unter 20° C. herabsinkt. Aber selbst dieses so bestechende Argument ist, wie wir oben gesehen haben, durchaus nicht entscheidend.

Fassen wir diese Ergebnisse zusammen, so finden wir, daß, abgesehen von der wenig erforschten südlichen Halbkugel, vom 30. bis zum 76.° nördlicher Breite eine ziemlich übereinstimmende Vegetation herrschte, die auf ein ziemlich gleichmäßiges, aber nicht sehr warmes Klima deutet. Auch die Marinfauna scheint auf wenig ausgesprochene Verschiedenheiten der klimatischen Zonen hinzuweisen, wenn auch hier die Sicherheit des Beweises noch sehr viel zu wünschen übrigläßt, ein Resultat, das allerdings mit den gewöhnlich verbreiteten Ansichten wenig übereinstimmt.

Natürlich drängt sich sofort die Frage nach den Ursachen dieser merkwürdigen Erscheinungen auf, und man findet auf dieselbe eine so große Menge der verschiedenartigsten Antworten, daß man in große Verlegenheit käme, zwischen denselben zu wählen, wenn sie nicht alle samt und sonders unhaltbar wären. Es ist natürlich hier unthunlich, alle aufgestellten Ansichten eingehend zu prüfen, wir begnügen uns, einzelne derselben näher zu besprechen, welche besonders verbreitet sind und sich großer Autorität erfreuen oder erfreuten. In erster Linie dachte man daran, daß die innere Erdwärme in den alten Formationen, als die feste, erkaltete Erdkruste noch weit dünner war als heute, einen wesentlich bestimmenden Einfluß auf das Klima ausübte; man stellte sich vor, daß infolge dieser unterirdischen Heizung überall eine gleichmäßige Wärme herrschte. Um eine solche Hypothese zu ermöglichen, war man zu der weitern Annahme gezwungen, daß die Einwirkung der Sonne auf die Wärmeverteilung an der Erdoberfläche eine verschwindend geringe war, da doch sonst eine gewisse Differenz zwischen Äquator und Polen hervortreten müßte. Man glaubte daher, daß die Erwärmung von unten eine so bedeutende war, daß die Sonnenwärme daneben nicht mehr in Betracht käme. Eine solche Vorstellung konnte nur so lange Platz greifen, als man eine wirkliche Prüfung ihrer Grundlagen nicht unternahm, und nur da sich erhalten, wo man aus Mangel an Kenntnis oder Verständnis sich mit der einmal hergebrachten Phrase von der Wirkung der innern Erdwärme begnügen wollte. Ein ausgezeichneter Physiker, William Thomson, hat schlagend nachgewiesen, daß eine solche Annahme schlechterdings in den Bereich der Unmöglichkeit gehört, und wir dürfen seine Resultate, deren Darstellung hier allerdings zu weit von unserm Gegenstande ableiten würde, als vollständig gesichert betrachten. Eine wesentliche Erhöhung der Temperatur auf diesem Wege ist ein für allemal ausgeschlossen, da sie in außerordentlich geringer Tiefe unter der Oberfläche schon ganz enorme Hitzegrade voraussetzen würde, und wir werden bei einer spätern Gelegenheit weitere geologische Thatsachen kennen lernen, welche diese Auffassung vollauf bestätigen.

Diese wichtigen Argumente haben wohl alle denkenden Naturforscher veranlaßt, die Lehre von der Heizung durch innere Erdwärme aufzugeben, und wenn man doch diese Ansicht noch manchmal aussprechen hört, so ist es einfach die Macht der Gewohnheit, die Abneigung, neue Ideen zu assimilieren, welche dieses ermöglicht. Man hat nun Hilfshypothesen einzuführen gesucht, um dieser Auffassung ihre Unwahrscheinlichkeiten zu nehmen und sie mit den Naturgesetzen in Einklang zu bringen; man nahm an, daß die Gleichmäßigkeit des Klimas nicht einer Folge des starken Überwiegens der Erdwärme über die Wirkung der Sonne direkt zuzuschreiben sei, sondern daß während der Steinkohlenzeit eine überaus starke und dichte, an Kohlensäure und Wasserdampf überreiche Atmosphäre existiert habe mit dichten Nebeln und Wolken, denen heftige Regengüsse entströmten, während die Sonnenstrahlen nicht zum Boden dringen konnten. Unter solchen Umständen wird eine Wirkung der

Erdwärme für plausibler gehalten, es soll infolge der geschilderten Verhältnisse auch bei Tage nur trübes Dämmerlicht, aber dafür von Pol zu Pol eine feuchte, schwüle Hitze geherrscht haben, welche das üppige Gedeihen der Steinkohlenflora riesig förderte.

Den Ausgangspunkt für diese Auffassung bilden jene oft wiederholten, aber ganz unsichern Hypothesen, nach welchen die Atmosphäre der Erde durch die Bildung von wasserhaltigen Mineralien, von Kohlensäureverbindungen und Oxyden, durch die Abgabe von Bergfeuchtigkeit und durch den Lebensprozeß der Organismen unausgesetzt Wasser, Kohlensäure und Sauerstoff verlieren soll, bis endlich der ganze Vorrat erschöpft ist. Der Wert dieser Spekulationen wurde schon früher besprochen (vgl. Bd. I, S. 94 ff.) und deren Haltlosigkeit der Thatsache gegenüber nachgewiesen, daß durch Exhalationen aus der Tiefe ein fortwährender Ersatz stattfindet. Trotzdem müssen wir hier nochmals auf diesen Punkt zurückkommen, da gerade die Beschaffenheit der Steinkohlenformation und ihrer Organismen einige scheinbar sehr triftige Gründe geliefert hat.

Man hat sich auf die Insektenfauna der Karbonzeit, ihre zahlreichen Kakerlaken (Blattina) und Termiten, berufen, deren jetzt lebende Verwandte durchgehends entweder Nacht- und Dämmerungstiere oder, wie die Termiten, blind sind. Man fand darin eine Bestätigung der Ansicht, daß damals überhaupt nur sehr spärliches Licht an die Erdoberfläche drang und daher die ganze Bevölkerung diesem Zustande angepaßt war. Dabei übersieht man aber durchaus, daß damals auch Insekten lebten, welche in der bestimmtesten Weise gegen eine solche Folgerung sprechen, wie das namentlich bezüglich der Gespenstheuschrecken und der großen Heuschrecken und der der Gottesanbeterin (Mantis) verwandten Formen gilt. Überdies haben neuere Untersuchungen ergeben, daß die Bestimmung zahlreicher Reste der Kohlenformation als Termiten auf einem Irrtume beruhte, und daß dieselben in Wirklichkeit Gespenstheuschrecken und andern Insekten angehören. Vor allem aber zeigt uns eine Betrachtung der Trilobiten die Irrigkeit einer solchen Annahme; wohl lebten dieselben mit wenigen Ausnahmen noch vor der Steinkohlenformation, indes wenn schon eine stete Abnahme der Atmosphäre gelten soll, so mußte dieselbe während der Silur- und Devonformation noch geringere Fortschritte gemacht haben als in der Kohlenformation. Nun haben wir im vorigen Kapitel gesehen, daß Trilobitenfaunen vorhanden sind, deren Angehörige durch den Aufenthalt in tiefem Wasser und die daselbst herrschende Dunkelheit eine bedeutende Modifikation der Augen erlitten haben; diejenigen Trilobiten, deren Gesichtsorgane normal entwickelt sind, müssen also unter lebhafter Beleuchtung gelebt haben, da sonst eine Gegensatzwirkung durch den Aufenthalt im Finstern nicht denkbar wäre. Endlich vergißt man bei derartigen Spekulationen, daß der Pflanzenwuchs nicht nur Wasser, Kohlensäure und Wärme, sondern daß er in erster Linie auch Licht fordert, ohne welches die Bildung und Zersetzung von Blattgrün oder Chlorophyll, diese Grundbedingung einer höhern Vegetation, unmöglich ist.

Was speziell den angeblichen Kohlensäurereichtum der damaligen Atmosphäre anlangt, so stützt man sich für diese Annahme auf das Vorhandensein der Kohlenflöze, die ja das Material zu ihrer Bildung dem Kohlensäurevorrate der Lufthülle entnommen haben müssen. Um als berechtigt zu gelten, muß diese Hypothese eine von zwei Bedingungen erfüllen; entweder war die Entnahme von Kohlensäure aus der Atmosphäre damals eine ganz abnorm große, oder es findet für den fortwährenden Kohlensäurekonsum überhaupt kein oder nur ein ganz ungenügender Ersatz statt. Für die erstere Annahme haben wir keinerlei ausreichende Beweise; es ist außerordentlich unwahrscheinlich, daß während der Karbonformation in Wirklichkeit eine viel bedeutendere Kohlenbildung stattgefunden habe als zu andern Zeiten; wir haben schon mehrfach gesehen, daß aus Gründen, die wir noch nicht

hinlänglich verstehen und kennen, gewisse Formationen vorwiegend in ganz bestimmten Ausbildungsweisen uns entgegentreten. Aus der einen kennen wir eine Menge von Tiefseeablagerungen, aus der andern eine unverhältnismäßig große Zahl von Korallenriffen, eine dritte präsentiert sich vorwiegend in der Facies der roten Sandsteine ꝛc. Wir können heute schon es wenigstens als wahrscheinlich bezeichnen, daß diese Unterschiede keine wirklichen sind, daß die verschiedensten Bildungen stets in ungefähr gleicher Proportion vorhanden waren, und daß die scheinbaren Abweichungen wesentlich mit den periodischen Umgestaltungen der Festlandssockel und den Änderungen in Verteilung von Wasser und Land zusammenhängen, infolge deren aus jedem Zeitabschnitte anders gestaltete Bildungsformen sich gerade in derjenigen Höhenlage befinden, welche dem heutigen Niveau der Kontinente entsprechen. Kohlenablagerungen haben immer stattgefunden, diejenigen der Karbonformation sind an der Oberfläche unsrer Festländer in Menge vertreten, während diejenigen andrer Formationen großenteils unter dem Meere liegen oder durch Denudation zerstört sein mögen.

Niemand wird das Hypothetische einer solchen Deutung verkennen und dieselbe als eine sichere und durchaus richtige hinstellen wollen. Sie tritt nur der gleichfalls durchaus hypothetischen Annahme, daß in der Karbonzeit die Flözbildung in abnorm starker Weise vor sich gegangen sei, gleichberechtigt gegenüber. Es steht Möglichkeit gegen Möglichkeit; welche derselben der Wirklichkeit entspricht, läßt sich heute nicht entscheiden, jedenfalls aber dürfen wir auch die ältere Annahme nicht als begründet betrachten und als entscheidenden Faktor in die Folgerungen über den damaligen Zustand der Atmosphäre aufnehmen.

Wie dem auch sei, jedenfalls bildet die Kohlensäure, welche die Kohlenflöze der Atmosphäre entzogen, nur einen ziemlich bescheidenen Bruchteil der Gesamtmenge dieses Gases, welche der Luft auf anderm Wege entnommen ist. Ein überaus verbreitetes und in ungeheuern Massen auftretendes Gestein, der Kalkstein, und ebenso der mit ihm verwandte Dolomit bestehen zum großen Teile aus Kohlensäure; der eine ist kohlensaurer Kalk, der andre eine Doppelverbindung von kohlensaurem Kalke und kohlensaurer Magnesia. Bei chemisch reiner Zusammensetzung enthalten 100 Gewichtsteile des erstern 44 Kohlensäure, 100 des letztern fast 48. Da aber die Gesteine in der Natur stets Verunreinigungen enthalten, so wird die Zahl in Wirklichkeit etwas geringer. Dagegen nimmt ein Gewichtsteil Steinkohle etwa drei Teile Kohlensäure in Anspruch, also mehr als sechsmal soviel wie Kalkstein. Bei Berücksichtigung des spezifischen Gewichtes kann man sagen, daß eine $3^1/_2$ m mächtige Kalkschicht eine ebenso große Kohlensäuremenge repräsentiert wie eine 1 m dicke Steinkohlenschicht, und da Kalk und Dolomit in ganz unvergleichlich größern Massen vorkommen als die Kohlengesteine, darf man wohl sagen, daß nur jene für die Frage des Kohlensäurekonsums ernstlich in Betracht kommen, daß also die Flöze der Kohlenformation von keinerlei ausschlaggebender Bedeutung sind.

Wenn wir die Bedeutung dieser Faktoren in Betracht ziehen, so kommen wir zu weitern Ergebnissen, die für den Kreislauf der Kohlensäure von größtem Belange sind. Die Kalksteinlager der Erde mit Einschluß der Kalksedimente, die am Boden des Ozeanes liegen, würden, sehr gering gerechnet, bei gleichmäßiger Ausbreitung über die ganze Erde eine Kugelschale von 30 m Mächtigkeit ergeben. Wenn wir nun die gesamte hier aufgespeicherte Kohlensäure der Luft zurückgegeben denken, so würde dieselbe für sich allein einen Atmosphärendruck von 2000 mm Quecksilber darstellen, mit andern Worten, da der mittlere Barometerstand am Meeresspiegel 760 mm beträgt, so wäre das eine Kohlensäuremenge, welche fast dreimal so groß ist als unsre ganze Atmosphäre. Niemand wird glauben, daß diese Menge wirklich zur Karbonzeit in der Atmosphäre war; die Existenz tierischen Lebens, die Atmung, wäre schon nahezu unmöglich, wenn auch nur der tausendste Teil dieser ungeheuern Quantität damals im Luftkreise vorhanden gewesen wäre. Daß übrigens der

Kohlensäuregehalt der Luft überhaupt kaum größer gewesen sein kann als heute, beweist uns die Existenz von kalkigen Ablagerungen jener Zeit, die bei Anwesenheit größerer Mengen von Kohlensäure mit Hilfe dieser vom Meerwasser aufgelöst worden wären.

Aus alledem geht eins unwiderleglich hervor, daß eine fortwährende dem Verbrauche entsprechende Zufuhr von Kohlensäure aus der Tiefe stattfindet, oder richtiger gesagt, daß der erstere sich nach der letztern regelt. Der Kohlensäurevorrat, der jetzt in der Luft ist, könnte den Lebensprozeß und die Bildung von kohlensäurehaltigen Mineralien kaum tausend Jahre in Gang erhalten, wenn nicht Vulkane, Mofetten, Kohlensäuerlinge ꝛc. den Verbrauch deckten, und so war es von jeher seit den ältesten paläozoischen Zeiten. Damit fallen alle jene künstlichen Theorien über die Zustände während der Dauer der Kohlenformation in nichts zusammen. Wir haben damit allerdings nur einen negativen Erfolg, allein auch dieser ist schon von sehr großer Bedeutung. Wenn man die phantastischen Vorstellungen überblickt, die vor nicht langer Zeit auf diesem Gebiete allgemein herrschend waren und die noch heute nur zu viele Anhänger finden, so muß es schon als ein Gewinn gelten, wenn dieser Schutt aus einer frühern Periode geologischer Forschung weggeräumt und dadurch Platz für eine richtige Beurteilung der schwierigen Fragen geschaffen wird, die hier vorliegen.

Das Problem besteht zunächst darin, einerseits die sehr große geographische Verbreitung der damaligen Pflanzentypen, anderseits das Vorherrschen der verhältnismäßig wenig kontrastierenden Wärmeverhältnisse auf der nördlichen Halbkugel vom 30. bis zum 76. Breitengrade zu erklären. Für die erstere Erscheinung ist ein Grund sehr einfach gegeben in der Beschaffenheit der Sporen jener Pflanzen, welche damals die große Hauptmasse der Flora ausmachten. Die Gefäßkryptogamen, wie Farne, Kalamiten, Lepidodendren, Sigillarien ꝛc., haben so überaus feine und leichte Samen oder Sporen, daß sie vom Winde mit Leichtigkeit selbst über weite Meeresstrecken verweht werden konnten; infolgedessen finden wir auch, daß viele Kryptogamen heute sehr große Verbreitungsbezirke besitzen, und dasselbe war natürlich auch in der Steinkohlenzeit der Fall.

Was nun die Frage der merkwürdigen Gleichmäßigkeit unter verschiedenen geographischen Breiten anlangt, so müssen wir uns vor allem hüten, dieselbe zu überschätzen. Schon oben wurde darauf hingewiesen, daß bei einer nur aus wenigen Pflanzentypen bestehenden Flora die einzelnen Formen sich weit mehr verschiedenen klimatischen Bedingungen anbequemen konnten und mußten als später bei hoch gesteigerter Konkurrenz einer überreichen Flora. Außerdem scheinen die nordischen Vorkommnisse der Kohlenformation von denjenigen niedrigerer Breiten denn doch in manchen erheblichen Punkten, namentlich durch die Seltenheit oder das Fehlen der Sigillarien, abzuweichen. Wie dem aber auch sei, jedenfalls findet sich heute keine mannigfaltige Baumvegetation unter dem 76.° nördlicher Breite, die letzten verkümmerten Ausläufer des Baumwuchses überschreiten nur in einigen Strecken in Nordasien den 70. Breitengrad. Es hat ganz gewiß damals im hohen Norden eine bedeutende Verschiebung der Isothermen stattgefunden, die Jahrestemperatur muß wärmer, und namentlich müssen die Winter milder gewesen sein als heute.

Die einfachste und leichteste Erklärung wäre es jedenfalls, wenn man annehmen könnte, daß die Abkühlung der Sonne im Laufe der Zeit so große Fortschritte gemacht habe, daß ihr diese Verschiedenheit zugeschrieben werden könnte. Leider stehen aber dieser Annahme unüberwindliche Hindernisse entgegen. Die Verminderung der Sonnenwärme müßte natürlich gleichmäßig von den ältesten Zeiten bis heute sich fortgesetzt haben, sie müßte regelmäßig und ohne Rückschläge erfolgt sein; aber das ist in Wirklichkeit nicht der Fall. Bekanntlich liegt zwischen der Tertiärzeit mit ihrem warmen Klima und dem jetzigen Zustande die Eiszeit, die jedenfalls eine Kälteperiode darstellt; außerdem aber sehen wir, daß schon zu Beginn des Tertiär in hohen Breiten sehr warmes Klima herrschte. Denken wir uns

nun, je weiter wir in der Aufeinanderfolge der geologischen Formationen zurückgehen, eine gleichmäßige Steigerung der Wärme, so würden wir ziemlich bald und jedenfalls lange, bevor wir zur Kohlenformation gelangen, auf einen Hitzegrad treffen, der organisches Leben unmöglich macht.

Es ist nicht möglich, alle die andern Vermutungen hier näher zu erörtern, welche zur Erklärung der damaligen Verhältnisse aufgestellt worden sind. Ehemals bedeutendere Größe der Sonne, Änderungen in der Exzentrizität der Erdbahn, in der Schiefe der Ekliptik, in der Stellung der Pole, Durchgang des ganzen Sonnensystemes durch wärmere Teile des Weltraumes, Änderungen in der Verteilung der Landmassen: alles das sind Faktoren, die zu Hilfe gerufen worden sind, von denen einzelne auch vielleicht wirklich thätig waren, von denen aber keiner zur Erklärung der Gesamtheit der Erscheinungen ausreicht. Wir müssen einfach bekennen, daß wir hier vor einem vollständigen Rätsel stehen, über dessen endliche Lösung wir heute noch nicht einmal eine Vermutung äußern können. Nur auf einen Punkt von Wichtigkeit soll aufmerksam gemacht werden, der jedenfalls einen sehr großen Einfluß übte, wenn er auch schwerlich die gesamten Erscheinungen zu erklären vermag. Bekanntlich unterscheidet die Meteorologie zwischen kontinentalem und insularem Klima. Das Festlandsklima, wie wir es in Zentralasien in schärfster Entwickelung finden, ist gekennzeichnet durch extreme Temperaturen, sehr heiße Sommer und sehr kalte Winter, sowie durch geringe Regenmenge; das Inselklima ist ausgezeichnet durch sehr reiche Niederschläge und durch geringen Kontrast der Jahreszeiten, durch kühle Sommer und milde Winter. So beträgt in Jakutsk in Ostsibirien unter 62° nördlicher Breite die mittlere Jahrestemperatur —10,9° C., die Temperatur des wärmsten Monates (Juli) 17,4°, die des kältesten Monates (Januar) —40,9°; in Reykjavik auf Island unter 64° nördlicher Breite ist die mittlere Jahrestemperatur 4,1° C., die Julitemperatur 13,4°, die Temperatur des Februars, des kältesten Monates, —2°. Allerdings verdankt Island seine klimatische Eigentümlichkeit großenteils dem warmen Golfstrome, welcher seine Küsten bespült; wie dem aber auch sei, jedenfalls sehen wir an Reykjavik ein Beispiel des klimatischen Typus, wie er einer Kohlenvegetation und ihrer Erhaltung sehr günstig sein muß, während Jakutsk uns den gerade entgegengesetzten, ungünstigsten Fall darstellt.

Das Verständnis der Verhältnisse während der Kohlenformation wäre jedenfalls wesentlich erleichtert, wenn wir annehmen dürften, daß damals wirklich in dem größten Teile der nördlichen Hemisphäre, speziell in denjenigen Gegenden, in welchen die großen Kohlenvorkommnisse sich befinden, insulares Klima herrschte. In der That ist dies der Fall; der größte Teil von Europa, Asien nördlich von der Tropenregion und von Nordamerika, d. h. der für uns hier in Betracht kommenden Regionen, war zur Devonzeit mit Meer bedeckt, und auch während des untern Teiles der Kohlenformation war das noch meist der Fall; erst in einem spätern Abschnitte der Kohlenformation erhielt das Land größere Verbreitung, aber wir haben es auch hier nicht mit sehr großen Kontinenten zu thun, die marine Entwickelung der obern Kohlenformation, der Fusulinenkalk, nahm riesige Gebiete ein, und wir haben in der That in den nördlichen Gebieten eine Anzahl großer Archipele, nicht zwei riesige Landmassen, wie heute, anzunehmen, und wir dürfen daher ein ausgeprägt insulares Klima für die Kohlenregionen voraussetzen. Vermutlich entsprechen die vorgeschobenen Posten der Kohlenflora im Norden, namentlich Spitzbergen und Nowaja Semlja, einer Warmwasserströmung, wie der heutige Golfstrom, und dadurch würde das Rätsel der Steinkohlenflora, die mehr ein frostarmes als ein heißes Klima voraussetzt, unserm Verständnisse wenigstens etwas näher gerückt.

Wir haben bis jetzt nur die Thatsachen berücksichtigt, welche aus der Verbreitung der organischen Formen in hohen Breiten hervorgehen; noch weit verwickelter wird aber das

Problem, wenn wir die Erscheinungen ins Auge fassen, welche in einigen heute mit warmem Klima ausgestatteten Ländern auftreten; nach den neuesten Untersuchungen von **Waagen** kann es kaum mehr zweifelhaft sein, daß während der zweiten Hälfte der Kohlenformation sich im südlichen Australien, in Vorderindien und in der Kapregion in Südafrika Schichten abgelagert haben, deren Material alle bezeichnenden Merkmale des Transportes durch Gletscher an sich tragen. Über sehr weite Flächen dehnen sich Gesteine aus, welche, in eine feinkörnige Grundmasse durchaus regellos eingestreut, zahllose Gesteinsblöcke führen, deren Oberfläche teilweise geschrammt und gekritzt ist wie die Steine, welche in den Grundmoränen der heutigen Gletscher fortgeschoben werden. Offenbar sind diese Steine auf Eisschollen in das Meer oder in große Binnenseen gelangt und hier zu Boden gesunken, nachdem das Eis, das sie trug, abgeschmolzen war.

In diesen karbonischen Glazialablagerungen finden sich die Überreste einer Landflora, welche von derjenigen vollständig abweicht, die wir in den gleichalterigen Ablagerungen in Europa und Nordamerika finden, und die in ihrem Gepräge sich derjenigen nähert, welche in andern Gegenden in den bedeutend jüngern Bildungen der ersten Hälfte der mesozoischen Zeit vorkommt. Wir haben es hier augenscheinlich mit der Pflanzengesellschaft zu thun welche bei kälterm Klima, vielleicht in einer Gebirgsregion, zu derselben Zeit bestand, zu welcher in feuchten Niederungen und bei wärmerer Temperatur die Siegelbäume, die Schuppenbäume und ihre Genossen existierten.

Wir werden später auf die Einzelheiten dieser überaus merkwürdigen Verhältnisse eingehen und die Thatsachen näher kennen lernen. Für den Augenblick ist für uns nur von Bedeutung, daß das Auftreten gewaltiger Gletscher in der Steinkohlenformation alle die Behauptungen von einer damals über die ganze Erde verbreiteten gleichmäßigen Wärme vollständig widerlegt. Aber allerdings können wir uns nicht verhehlen, daß wir dadurch einer Erklärung der damaligen klimatischen Verhältnisse nicht um einen Schritt näher kommen; im Gegenteile sehen wir uns geradezu vor einem Labyrinthe wenigstens scheinbarer Widersprüche, ohne leitenden Faden, der aus demselben herausführt. Wir können durchaus nicht verstehen, wie es kommt, daß in Indien und Südafrika Gletscher sich entwickelten, während weit jenseit des Polarkreises eine reiche Flora gedeihen konnte, und selbst wenn wir annehmen, daß in der erstern Region gewaltige Hochgebirge vorhanden waren, so bleibt der Gegensatz immer noch ein außerordentlich großer, und **wir müssen vorläufig darauf verzichten, uns eine Vorstellung von dem damaligen Zustande unsrer Erde und ihren physisch-geographischen Verhältnissen zu machen.**

Die Kohlenablagerungen in Europa und in den Gegenden mit ähnlicher Entwickelung.

Es gibt wohl keine geologische Formation, über welche eine solche Menge eingehender und genauer Detailbeobachtungen über die Lagerung und Schichtfolge bis in die kleinsten Einzelheiten gemacht worden ist, als über die Steinkohlenformation. Die ausgezeichneten Aufschlüsse in zahllosen Bergwerken, das ungeheure praktische Interesse, welches diese Untersuchungen gebieterisch heischte, gaben hierzu Veranlassung, und so kommt es, daß man die einzelnen Vorkommnisse hier außerordentlich genau kennt. Wenn man aber weiter gehen will, wenn man sich über die Beziehungen der einzelnen örtlichen Vorkommnisse zu einander klar werden, eine allgemeine Gliederung der Kohlenformation, die allmähliche Umgestaltung des organischen Lebens während ihrer Ablagerung kennen lernen will, so ist das Ergebnis

ein wenig befriedigendes. Es gibt kein großes Glied der sedimentären Schichtfolge, bezüglich dessen die Kenntnis eine so überaus dürftige wäre, ja wir müssen gestehen, daß wir in dieser Richtung noch an den allerelementarsten Grundzügen herumtasten.

Die Gründe hierfür sind mehrfacher Art; in erster Linie trägt der Umstand die Schuld, daß die in vieler Hinsicht wichtigste Ausbildungsart, die der produktiven, d. h. an Kohlenflözen reichen, Ablagerungen, nicht marin ist, und daß man daher diese Schichten nur schwer über weite Strecken in gleichmäßiger Entwickelung verfolgen und untereinander vergleichen kann. Wir haben es mit Bildungen einer Anzahl von Binnenbecken zu thun, bei welchen der Lokalcharakter in viel ausgeprägterer Weise hervortritt und die Erkenntnis der altersgleichen Bildungen erschwert, um so mehr, als die gleiche Art der Entstehung den meisten eine ausgesprochene Ähnlichkeit gibt, die nicht immer durch die gleichzeitige, sondern durch die gleichartige Bildung hervorgerufen wird. Ein zweiter Umstand, welcher der richtigen Auffassung hindernd in den Weg tritt, besteht darin, daß in vielen und namentlich in solchen Gegenden, welche zum Ausgangspunkte für die Studien dienten, die Reihe der karbonischen Schichten mit fossilreichen Marinablagerungen, dem Kohlenkalke oder Bergkalke, beginnt, über denen das produktive Kohlengebirge mit Konglomeraten, Schieferthonen, Kohlenflözen und mit zahlreichen Resten von Landpflanzen folgt. Man glaubte daraus eine allgemeine Regel ableiten und diese Reihenfolge als die normale betrachten zu dürfen; man stellte als die zwei Hauptabteilungen der Formation den Kohlenkalk und das produktive Gebirge hin. Zwar hat sich allmählich herausgestellt, daß es auch normale Kohlenablagerungen im Unterkarbon und überaus verbreitete und mächtige marine Kalke im Oberkarbon gibt, aber trotzdem hält man noch immer vielfach an der durchaus verfehlten Gliederung fest. Ein dritter Grund für unsre geringe Kenntnis der allgemeinen Verhältnisse liegt endlich in der Natur der meisten und gerade der eingehendsten Untersuchungen über die Lagerungsverhältnisse der Kohlenschichten. Dieselben verfolgen naturgemäß in erster Linie praktische Zwecke: Zahl, Mächtigkeit der einzelnen Flöze, ihr vertikaler Abstand voneinander, die Störungen, denen sie unterworfen sind, müssen aufs genaueste festgestellt werden, da nur auf diese Weise ein rationeller Bergwerksbetrieb möglich ist, nur so die weitere Verbreitung der Flöze in der Tiefe verfolgt, mithin der vorhandene Kohlenvorrat geschätzt werden kann. Dagegen hat es für den Grubenbetrieb oder wenigstens für seine nächstliegenden Zwecke keinen übergroßen Wert, die Altersbeziehungen zwischen den Flözen weit voneinander entfernter Becken genau zu kennen, Parallelen etwa zwischen Oberschlesien und Belgien, zwischen dem Saargebiete oder dem Zwickauer Becken und dem „schwarzen Lande" in Wales zu ziehen.

Die Verhältnisse in England waren für die ganze Auffassung und Gliederung des Kohlengebirges maßgebend, und wir werden uns daher mit ihnen in erster Linie beschäftigen müssen. In außerordentlicher Verbreitung treten in verschiedenen Teilen des Landes die Ablagerungen auf, sie bedecken einen Flächenraum von nahe an 30,000 qkm und führen einen Reichtum an Kohlenflözen, mit dem kein andrer Teil Europas wetteifern kann, und der nur von dem Osten Nordamerikas und von China übertroffen wird. Es ist jedoch hier nicht der Ort, näher auf das Vorkommen und die Verwertung dieses wichtigen Brennmateriales, des Hauptfaktors der modernen Industrie-Entwickelung, einzugehen, wir widmen diesem Gegenstande an einer andern Stelle dieses Werkes eine ausführliche Darstellung und beschäftigen uns hier nur mit der geologischen Gliederung der Formation.

In verschiedenen Gegenden von England finden wir den untern Teil derselben aus vorwiegend kalkigen Meeresablagerungen von großer Mächtigkeit gebildet, welche in Menge wohlerhaltene Versteinerungen, namentlich häufig Produkten und Spiriferen aus der Abteilung der Brachiopoden, ferner Muscheln, Schnecken, Cephalopoden, sehr zahlreiche Korallen

und Echinodermen enthalten. Es ist das der sogenannte Bergkalk oder Kohlenkalk, welcher in auffallend übereinstimmender Ausbildung in vielen andern Gegenden selbst in weiter Entfernung wiederkehrt. Über dem Kohlenkalke folgt der sogenannte Millstone grit oder flözleere Sandstein, der allerdings in verschiedenen Gegenden Englands sehr an Mächtigkeit wechselt, von 1 bis zu 250 m, und zu oberst liegt, dann das produktive Kohlengebirge (Coal measures), Schieferthone, Sandsteine, Konglomerate, Kohlenflöze mit reicher Landflora und ziemlich vereinzelten Resten von Land- und Süßwassertieren.

Wie schon erwähnt, glaubte man diese Reihenfolge überall wiederfinden zu müssen. Man unterschied eine untere marine und eine obere produktive Abteilung der Formation und glaubte, daß nur in dieser die charakteristische Entwickelung von Kohlenflözen, von Landpflanzen und den sie begleitenden Gesteinen auftrete. Zwar bemerkte man auf dem Kontinente sehr bald, daß häufig produktives Gebirge ohne Zwischenlagerung mariner Kalke sich auf ältere Gesteine legt, und man nahm nun an, daß in diesen letztern Fällen nur die obere Abteilung entwickelt sei, die untere aber vollständig fehle. Auf diesen Abweichungen des Vorkommens beruht die Unterscheidung zwischen zweierlei Arten von Kohlenbecken: als paralische (in der Nähe des Meeres gelegen) wurden diejenigen bezeichnet, in welchen die flözführende Abteilung normal auf marinem Kohlenkalke liegt, während die Mulden, in welchen der letztere fehlt und die kohlenführende Schichtgruppe auf ältern Gebilden liegt, den Namen limnische oder Binnenbecken erhielten. Es ist das eine Unterscheidung, die in gewissem Sinne von bedeutendem Werte ist, es wird in der ganzen Beurteilung einen beträchtlichen Unterschied machen, ob sich die Kohlenvegetation unmittelbar auf einer dem Meere erst abgewonnenen Strecke festsetzt, in küstennahem, vielleicht dem Einflusse des Meerwassers noch nicht vollständig entzogenem Sumpflande das Material von verwesenden organischen Substanzen ablagert, oder ob der Prozeß in weiter landeinwärts gelegenen Mulden vor sich geht. Nur darf man nicht, wie es vielfach geschehen ist, in den Irrtum verfallen, zu glauben, daß in all den Binnenbecken nur der obere Teil der Kohlenformation vertreten sei. Wir werden im Gegenteile sehen, daß in manchen derselben Flöze auftreten, welche mit den ältern Teilen des Kohlenkalkes gleichzeitig sind. Die Vorkommnisse in England, Westfalen, Belgien mögen als Beispiele der paralischen, jene Sachsens und der Saargegend als Typen der limnischen Entwickelung dienen.

Daß die Scheidung zwischen einer untern marinen und einer obern produktiven Abteilung der Karbonformation nicht überall streng durchführbar sei, wurde schon sehr früh erkannt; an einer Menge von Punkten wurden mitten zwischen den Schieferthonen und Flözen wenig mächtige Einlagerungen von Kohlenkalk mit marinen Versteinerungen gefunden, an andern Orten, z. B. in Schottland, treten in der Masse des Kohlenkalkes Einschaltungen von Schiefern und Kohlenflözen auf, und in manchen Gegenden, namentlich in Rußland und Nordamerika, gibt es solche auch unter der Hauptmasse des Kohlenkalkes.

Immerhin wurden solche Fälle, zumal es sich dabei großenteils um Vorkommnisse in fernen Ländern handelt, nicht hinreichend beachtet und als wenig bedeutsame Ausnahmen beurteilt. Weit mehr Wichtigkeit wurde einer andern eigentümlichen Entwickelung geschenkt, die auch in der That für das Verständnis der Kohlenformation außerordentliche Bedeutung erlangt hat. In Devonshire im südwestlichen England tritt ein System von Schiefern und Sandsteinen auf, welche untergeordnete Kalkbänke und in ihrem obern Teile Flöze einer unreinen Kohle enthalten; dieser Schichtenkomplex wurde von Murchison und Sedgwick mit dem Namen der kulmführenden Schichten belegt, nach dem Vorkommen der Kohle, welche dort den Lokalnamen Kulm führt. Landpflanzen kommen mehrfach vor, und in der untern Hälfte finden sich in kalkigen Schiefern und Kalken mit Pflanzen vergesellschaftet marine Reste, unter welchen namentlich eine Muschel, Posidonomya Becheri (s. die

Abbildung auf S. 147), sowie einige Goniatiten (Goniatites sphaericus, mixolobus) hervortreten. Ablagerungen von ganz ähnlicher Art wie diese untere Abteilung der kulmführenden Schichten von Devonshire treten nun auf dem Kontinente in großer Verbreitung auf, sie enthalten zahlreiche Landpflanzen, unter denen Archaeocalamites radiatus (Calamites transitionis) und Lepidodendron Veltheimianum als die bezeichnendsten hervorgehoben werden, während die Sigillarien fehlen oder sehr selten sind. Posidonomya Becheri und die oben genannten Goniatiten begleiten dieselben und bilden die wichtigsten Typen einer an Arten armen, aber oft sehr individuenreichen Meeresfauna. Dieser Horizont, welcher zwar nur dem untern Teile der kulmführenden Schichten in Devonshire entspricht, ist jetzt ganz allgemein unter dem Namen Kulm bekannt und tritt in großer Ausdehnung im Harze, in Westfalen, den Rheinlanden, Nassau, im Elsaß, in Schlesien und Mähren auf, ja er ist auch in Spanien an mehreren Punkten nachgewiesen, und selbst in Nordamerika scheinen ganz ähnliche Gebilde in Tennessee vorzukommen. Die große Bedeutung dieser Kulmablagerungen, welche in der Regel als Küstenabsätze bezeichnet werden, beruht darauf, daß sie eine reiche Landflora und eine Meeresfauna in einem und demselben Gesteine vereinigt enthalten. Unter den marinen Tieren finden wir eine Anzahl von Arten, welche ebenso in dem in der untern Hälfte der Formation auftretenden Kohlenkalke auftreten, und da auch die Lagerung dem Kulm seine Stellung an der Basis der Karbonformation unmittelbar über dem Devon anweist, so kann man mit Bestimmtheit behaupten, daß er nichts andres als eine spezielle Facies der untern Abteilung dieses großen Abschnittes darstellt. Dadurch gewinnen wir einen großen Vorteil für die Beurteilung der produktiven Ablagerungen und speziell der Binnenbecken, wir kennen nun in der Kulmflora einen ausgezeichneten und reichen Vertreter der Pflanzenwelt aus dem untern Teile der Kohlenformation und erhalten dadurch die Möglichkeit, auch isolierte Vorkommnisse pflanzenführender Schichten als dieser Abteilung angehörig zu erkennen und von solchen der obern Kohlenformation zu unterscheiden. Dagegen geraten wir nach einer andern Richtung in Verlegenheit, indem die Flora des Kulm derjenigen des Devon so ähnlich ist, daß es in manchen Fällen sehr schwer oder unmöglich werden dürfte, die Trennung beider Formationen nach den Pflanzen allein mit Sicherheit durchzuführen.

Wir kehren zu den Verhältnissen in England zurück. Abgesehen von dem Kulmgebiete in Devonshire sind namentlich vier große Kohlenfelder vorhanden: im südlichen Wales, im nördlichen Wales und den anstoßenden englischen Grafschaften, in den nördlichen Teilen an der schottischen Grenze und endlich in den zentralen Gegenden des Königreiches. Vielfach allerdings ist hier eine Grenze zwischen den echten Karbonbildungen und kohlenführenden Permablagerungen nicht gezogen worden, und so riesig die praktischen Erfolge sind, die in England im Studium und in der Ausbeutung der Grubenindustrie errungen worden sind, so wenig ist für die wissenschaftlich paläontologische Behandlung, für die Feststellung und den Vergleich der Pflanzenhorizonte geschehen. Auch in Schottland sind ausgedehnte Ablagerungen in dem Flachlande zwischen dem Grampiangebirge im Norden und dem südlichen Berglande vorhanden, welche durch das Auftreten kohlenführender Bildungen innerhalb des Bergkalkes ausgezeichnet sind. Nach den Untersuchungen der englischen Geologen bilden aber diese verschiedenen Vorkommnisse in England und Schottland nicht ebenso viele ursprünglich getrennte Bildungsräume, sondern es waren nur zwei große Kohlenbecken, von denen das eine das zentrale und nördliche England und die schottische Area umfaßte, während dem andern die Ablagerungen in Südengland und Wales angehören. Durch tektonische Veränderungen und Erosion zerfielen im Verlaufe der geologischen Perioden diese zwei ursprünglich einheitlichen riesigen Vorkommnisse in eine Anzahl getrennter Partien, die heute oft fälschlich als selbständige Becken behandelt werden.

In argem Kontraste zu England und Schottland steht die Nachbarinsel Irland, welcher die Natur den gewaltigen Kohlenreichtum und damit die Grundlage für eine gleich hohe industrielle Entwickelung versagt hat. Zwar fehlt die Karbonformation durchaus nicht, sie nimmt sogar einen verhältnismäßig weit größern Raum ein als in England, sie bedeckt etwa die Hälfte der ganzen Oberfläche; aber es sind fast nur marine Gebilde, Kohlenkalk und Kulm, während produktive Bildungen einen sehr geringen Anteil an dem Aufbaue des Landes nehmen.

Versuchen wir die Verbreitung und Entwickelung der Kohlenformation in andern Gegenden zu verfolgen, so finden wir einen bedeutenden Kontrast zwischen der marinen und der Binnenentwickelung. Während die erstere in überaus großer Verbreitung auftritt und kaum irgend einer größern Landmasse, mit Ausnahme Südafrikas, Brasiliens und des Dekhan in Vorderindien, fehlt, sind die produktiven Binnenablagerungen von normalem Typus in ihrem Vorkommen seltener; wie oben erwähnt wurde, sind dieselben der Hauptsache nach auf die Gegend der nördlichen Halbkugel zwischen dem 30. und 76. Breitengrade beschränkt, und nur wenige Punkte der südlichen Hemisphäre, sämtlich außerhalb der äquatorialen Region gelegen, lassen sich anreihen, nämlich das südliche Australien, Tasmanien, Südafrika und das südliche Brasilien.

In Deutschland nimmt das Kohlengebirge namhafte Flächen ein, und glücklicherweise findet sich in einer ganzen Reihe von Distrikten ein großer Reichtum an Flözen, welcher in Europa nur von England übertroffen wird. Westfalen, das Saarbecken, Sachsen und Schlesien sind diejenigen Gegenden, welche in dieser Beziehung vor andern hervorragen. In Westfalen, im Gebiete der Ruhr, treten die Gesteine der Kohlenformation in mächtiger Entwickelung auf; sie werden namentlich in den Gruben der Umgebung von Bochum, Essen und Dortmund ausgebeutet, und ihnen verdankt der Kranz mächtig aufstrebender Industrieorte der dortigen Gegend kräftige Blüte. Kohlenkalk und Kulm bilden die Unterlage, über welcher sich flözleerer Sandstein und dann das produktive Gebirge erheben: wir haben es also hier mit einem paralischen Becken zu thun, dessen Entwickelung vielfach an jene in England erinnert. Jenseit des Rheines stellen die Vorkommnisse von Stolberg und Eschweiler bei Aachen eine Fortsetzung des Ruhrzuges dar, wie sie anderseits wieder einen Ausläufer der gewaltigen Entwickelung in Belgien bilden. Auch hier treten die produktiven Kohlenschichten in großer Mächtigkeit auf, sie bilden die überaus reichen Becken von Lüttich und Mons, deren Ablagerungen gleich jenen Westfalens der obern Hälfte der Formation angehören. Unter ihnen liegt der Kohlenkalk in ausgezeichneter Entwickelung und mit einem Reichtume an Fossilien, dem sich nichts in Europa an die Seite stellen kann. Die Kalke von Tournai in der obern, jene von Visé in der untern Hälfte des Kohlenkalkes haben eine Menge ausgezeichneter Fossilien geliefert, die durch de Koninck in prachtvollen Tafelwerken beschrieben wurden; ja, so groß ist die Fülle dieser Reste, daß sie in erster Linie zu der lange Zeit verbreiteten Ansicht geführt haben, daß der Kohlenkalk das versteinerungsreichste Gebilde der ganzen Erde sei.

Einen wesentlichen Kontrast zu diesem mächtigen Zuge von Kohlenvorkommnissen, der bei Valenciennes noch einen Ausläufer nach Frankreich entsendet, bildet die Entwickelung im Saargebiete und in den angrenzenden Teilen der bayrischen Pfalz. Wir finden hier eins der ausgeprägtesten Beispiele eines limnischen oder Binnenbeckens, in welchem Kulm und Kohlenkalk ganz fehlen und nur flözführende Ablagerungen der obern Abteilung der Karbonformation vorhanden sind. Man kann innerhalb der letztern nach Lagerung und Pflanzenresten zwei Abteilungen unterscheiden, eine untere, die Saarbrücker, und eine obere, die Ottweiler Schichten, welche sich in ganz ähnlicher Entwickelung auch in andern Gegenden nachweisen lassen.

Das Studium der Vorkommnisse von Saarbrücken, die uns namentlich durch die Arbeiten von E. Weiß genau bekannt geworden sind, bietet sehr bedeutende Schwierigkeiten, aber auch sehr großes Interesse, weil hier eine ganz ununterbrochene Entwickelung vom Kohlengebirge zu der nächstfolgenden, der permischen Formation oder dem Rotliegenden, stattfindet. Nur ein sehr sorgsames Studium der Versteinerungen und ihrer Verbreitung ermöglichte es, hier überhaupt eine Grenze zu ziehen, auch die permischen Ablagerungen enthalten noch, wenn auch sparsam, Kohlenflöze, und erst allmählich stellt sich in den höhern Lagen auch in der petrographischen Entwickelung ein wesentlicher Unterschied ein. Wir stehen hier vor einem der wichtigen Fälle, wo sich die Grenzen zwischen zwei Formationen vollständig verwischen und die so oft durch lokale Störungen verhüllte Kontinuität der geologischen Entwickelung deutlich hervortritt.

Wir übergehen eine Anzahl minder wichtiger Vorkommnisse, wie den Kulm des Harzes und in Nassau, die Kohlenbildungen von Ibbenbüren und vom Piesberge bei Osnabrück in Westfalen, die beschränkten Ablagerungen in den Vogesen, im Schwarzwalde, im Thüringer Walde und im Fichtelgebirge, und wenden uns den Vorkommnissen in den östlichern Teilen Deutschlands und in den angrenzenden Teilen von Österreich zu. In Sachsen finden wir eine fast reine Binnenentwickelung, deren Schieferthone, Sandsteine, Kohlenflöze rc. teils dem untern, teils dem obern Teile der Formation angehören. Die Ablagerungen des Beckens von Hainichen und Ebersdorf nähern sich in ihrer Flora den ältern Ablagerungen des Kulm, Lepidodendron Veltheimianum und Archaeocalamites radiatus, zwei der verbreitetsten Formen, sind beiden gemein, eine Anzahl andrer Arten schließt sich ihnen an, und diese Vorkommnisse gestatten keinen Zweifel, daß wir es in der That mit der ältern Abteilung des Karbon zu thun haben. Die übrigen Kohlenbildungen Sachsens dagegen gehören dem eigentlichen jüngern, produktiven Kohlengebirge, und zwar seiner obern Hälfte, an und zeigen nach den Untersuchungen von Geinitz eine Gliederung in mehrere einzelne Lokalhorizonte, welche nach dem Vorherrschen gewisser Pflanzentypen als die Sigillarienzone, Kalamitenzone, Annularienzone und Farnzone bezeichnet werden.

Waren hier die flözführenden Ablagerungen der obern Kohlenformation von jenen der untern räumlich getrennt und jede der beiden Abteilungen in einem gesonderten Becken entwickelt, so finden wir andre Verhältnisse, wenn wir uns dem großen schlesischen Kohlenfelde nähern; hier treten zwei große Partien von Kohlengebirge auf, von denen die eine, das niederschlesische Gebiet, die Umgebung von Waldenburg umfaßt und sich von da eine Strecke weit ins nordöstliche Böhmen erstreckt; die andre Gruppe hat ihr Zentrum in Oberschlesien und greift von hier in bedeutenderm Maße nach Mähren, Österreichisch-Schlesien, dem Krakauer Gebiete und in die südwestliche Ecke von Russisch-Polen über. Eigentlicher mariner Kohlenkalk tritt in diesem Gebiete, um dessen Kenntnis sich namentlich F. Römer und Stur verdient gemacht haben, nur an einigen Punkten in Niederschlesien und in der Gegend von Krakau auf, wo derselbe durch Ablagerungen mit großen Arten der Gattung Productus, besonders Productus giganteus, vertreten ist; sonst ist die tiefste Abteilung der Kohlenformation namentlich durch Kulm mit Posidonomya Becheri und andern marinen Tieren sowie mit den charakteristischen Pflanzen oder durch pflanzenführende Sandsteine vertreten. Allein noch über diesen Gebilden folgen flözführende Schichten, deren Flora sich noch innig an die der tiefern Horizonte anschließt und von derjenigen der obern Kohlenformation abweicht; es sind das die sogenannten Ostrauer Schichten Sturs, welchen in der oberschlesischen wie in der niederschlesischen Region und in den angrenzenden Gebieten die ältern Bänke von Steinkohle angehören. Erst darüber folgen erheblich reichere Ablagerungen mit einer Flora, welche entschieden dem obern

Karbon entspricht; dieses Niveau wurde mit dem Namen der Schatzlarer Schichten belegt und zeigt in der Vegetation große Ähnlichkeit mit den ältesten Kohlenschichten des Saarbeckens, den Saarbrücker Schichten, es gehört demnach dem untern Teile der obern Kohlenformation an, während die höchste Abteilung in dieser Gegend nicht vertreten zu sein scheint; diese findet sich dann an mehreren Punkten im Innern Böhmens und steht hier mit den nächst jüngern permischen Bildungen in so enger Beziehung, daß eine sichere Grenzziehung bis jetzt noch nicht möglich geworden ist.

Wir haben uns bisher wesentlich mit den flözführenden Ablagerungen Mitteleuropas beschäftigt und die marinen Bildungen nur wenig in Betracht gezogen. Nur die ziemlich eintönigen Kulmbildungen wurden geschildert, und wir müssen uns nun etwas näher mit der rein marinen Entwickelung des Kohlenkalkes befassen. Trat die flözführende Ausbildung sowohl in der untern als in der obern Abteilung der Formation auf, so ist eine so allgemeine Verbreitung des Kohlenkalkes wenigstens in Mitteleuropa nicht zu bemerken; er gehört hier fast ausschließlich dem untern Karbon an, im obern Karbon treten nur ganz schwache marine Einlagerungen im produktiven Gebirge in Westfalen und in England auf, sonst haben wir hier nur die Binnenentwickelung[1]. Die wichtigsten mitteleuropäischen Vorkommnisse von Kohlenkalk sind diejenigen in England, Irland und Belgien, während er in Deutschland nur im westlichen Teile der westfälischen Region, zwischen Düsseldorf und Elberfeld (Ratingen), und an einigen Punkten in Niederschlesien sich findet.

Der Fossilreichtum ist an vielen Punkten ein überaus großer, vor allem kommen prachtvolle Brachiopoden in großer Menge vor, meistens der Gattung Productus angehörig, und ihnen schließen sich noch massenhaft Cephalopoden, Schnecken, Muscheln, Krinoiden und Korallen an. Ein außerordentlicher Reichtum tierischen Lebens entwickelt sich, aber für den Geologen hat bisher das Studium dieser Fossilreste noch wenig Früchte getragen. Es ist noch nicht gelungen, im Kohlenkalke paläontologisch charakterisierte Horizonte zu unterscheiden, welche sich auch nur innerhalb Europas auf weitere Strecken verfolgen lassen und auf mehr als lokale Bedeutung Anspruch machen können. Zwar wurde z. B. in Belgien durch die Arbeiten von de Koninck, Gosselet und Dupont nachgewiesen, daß sich in den marinen Ablagerungen zwei Hauptabteilungen unterscheiden lassen, unten die Stufe von Tournai mit Spirifer Mosquensis, Productus semireticulatus und Productus Heberti und darüber die Stufe Visé mit Productus giganteus, sublaevis, Cora und undulatus, und in jeder dieser Gruppen können wieder Unterabteilungen angebracht werden; aber die Versuche, diese Gliederung auch auf andre Gegenden auszudehnen, haben zu keinem günstigen Resultate geführt.

Um zu einem richtigen Verständnisse der Beziehungen zu gelangen, in welchen die Bildungen Mitteleuropas zu jenen andrer Gegenden stehen, müssen wir uns zunächst zur Betrachtung des europäischen Rußland wenden, für welche namentlich die neuern Untersuchungen V. v. Möllers von großer Bedeutung sind. In diesem gewaltigen Ländergebiete breiten sich die Ablagerungen der Kohlenformation über eine riesige Fläche aus, welche auf 2 Millionen qkm geschätzt wird, also fast viermal so groß wie das Deutsche Reich. Allerdings stehen diese Bildungen bei weitem nicht überall auf diesem Areale zu Tage an, sondern sind zum weitaus größern Teile von jüngern Bildungen bedeckt und erscheinen nur in drei umfassenden zusammenhängenden Partien an der Oberfläche, von denen die eine, westliche, die Umgebung von Moskau umfaßt, die zweite, östliche, am Fuße des Urals, die dritte, südliche, im Becken des Donez gelegen ist. Die Verhältnisse, welche wir hier finden, weichen von denjenigen in Deutschland, England und Belgien sehr entschieden ab; marine

---

[1] Die in der schlesischen Region auftretenden marinen Einlagerungen zwischen den Binnenbildungen gehören dem untern Karbon an.

Kalke sind das vollständig herrschende Element, und wenn auch flözführende Binnenentwickelung auftritt, so spielt sie doch namentlich in dem Moskauer und in dem uralischen Gebiete eine verhältnismäßig sehr geringe Rolle und erreicht nur am Donez größere Bedeutung.

In der Gegend von Moskau beginnt die ganze Formation mit flözführenden Ablagerungen von beschränkter Bedeutung, und über ihnen folgt mächtiger mariner Kohlenkalk, der in seiner Fauna nahe mit demjenigen übereinstimmt, welcher in Westeuropa im untern Karbon sich zeigt; ähnliche Verhältnisse herrschen auch am Ural, aber über dem Kohlenkalke mit Spirifer Mosquensis und Productus giganteus folgen hier zum zweitenmal flözführende Ablagerungen und dann nochmals Kohlenkalk, der das oberste Glied der ganzen Formation bildet. Dieser jüngere Kohlenkalk unterscheidet sich nun sehr erheblich von dem ältern, namentlich durch das massenhafte Auftreten der oben genannten Foraminiferengattung **Fusulina**; zwar sind manche Arten vorhanden, die sich aus dem tiefern Niveau nicht oder nur wenig verändert herauf erstrecken, aber neben ihnen auch neue Formen, welche sich schon sehr denen des Perm nähern oder sich auch anderwärts nur in jüngern fusulinenführenden Kohlenkalkschichten finden.

Wieder etwas abweichend gestalten sich die Verhältnisse in dem südlichen Distrikte am Donez, dem einzigen in Rußland, in welchem fossiler Brennstoff in wirklich sehr bedeutender Menge vorzukommen scheint. Hier wechseln mehrfach kalkige Meeresbildungen mit flözführenden Binnenablagerungen, aber insofern finden wir Übereinstimmung mit dem Ural, als die tiefern Kohlenkalkhorizonte mit denjenigen in Belgien und England nahe verwandt sind, während die höhern auch hier wieder massenhafte Fusulinen führen. Dieser jüngere Kalkhorizont, der Fusulinenkalk, kann schon nach der bisher geschilderten Lagerung mit großer Wahrscheinlichkeit als die marine Entwickelung des obern Teiles der Kohlenformation betrachtet werden, die wir in Mitteleuropa nur in der flözführenden Ausbildung kennen; zur Gewißheit wird diese Ansicht dadurch, daß der Fusulinenkalk nach oben allmählich in permische Ablagerungen in einer Weise übergeht, welche die Ziehung einer Grenze schwierig macht und für gewisse Zwischenglieder die Aufstellung einer besondern Permo-Karbonstufe veranlaßt hat, eine Auffassung, deren Wert wir bei einer andern Gelegenheit näher besprechen werden.

Wir sehen also daraus, daß die verschiedensten Ausbildungsarten in jedem Niveau der Kohlenformation erscheinen, und daß speziell die marine Entwickelung des obern Karbon sehr häufig durch die Menge der auftretenden Fusulinen ausgezeichnet ist. Mit diesem Ergebnisse ausgerüstet, können wir uns zu der schwierigen Aufgabe wenden, die Kohlenformation in Südeuropa und zunächst in der alpinen Region kennen zu lernen. Schon seit langer Zeit sind von verschiedenen Punkten in den Alpen karbonische Fossilien bekannt, teils marine Vorkommnisse, teils Pflanzenreste, und mit den letztern treten namentlich an einzelnen Punkten der Westalpen geringe Vorkommnisse einer anthracitischen Kohle auf, in Steiermark sogar Graphit, das letzte Umwandlungsprodukt der Kohlengesteine, das sonst vorwiegend im Gebiete der alten archaischen Ablagerungen in größerer Verbreitung vorhanden ist (vgl. Bd. I, S. 617). Auch sonst nehmen die Gesteine des Karbon wie die der ältern paläozoischen Formationen in vielen Teilen der Alpen die Gestalt kristallinischer Schiefer an, wie das in einem frühern Abschnitte eingehender besprochen wurde.

Unter den Pflanzenvorkommnissen der Alpen haben namentlich diejenigen Savoyens, der Tarentaise, vor allem an der vielgenannten Lokalität Petit-Coeur, große Berühmtheit erlangt: sie treten in Schiefergesteinen auf, die in ihrer ganzen Erscheinung von denjenigen einer weit jüngern Ablagerung, des Lias, nicht zu unterscheiden sind, welche dort mit bezeichnenden Fossilresten der Juraformation, mit Belemniten, ausgestattet vorkommt. Da überdies die Lagerungsverhältnisse überaus schwierige und verwickelte sind, so

gelang es nicht, beide Ablagerungen streng voneinander zu scheiden, und verschiedene Geologen kamen daher zu der Ansicht, daß dort Versteinerungen der Kohlenformation und des Lias in einem und demselben Schichtkomplexe vereinigt beisammen liegen. Zwar wurde von andrer Seite, namentlich von Studer, diese Auffassung als irrig bekämpft, allein sie fand doch vielfach Eingang, und in jener Zeit, in der die Gesetze der Verbreitung der Organismen in den alten Ablagerungen noch nicht mit Sicherheit festgestellt waren, wollte man folgern, daß Formen, welche in Mitteleuropa durch einen ungeheuern Zeitraum getrennt schienen, in andern Gegenden gleichzeitig existierten.

Auch außerdem treten pflanzenführende Schichten an verschiedenen Punkten der Alpen auf, deren einzelne Vorkommnisse von Stur mit verschiedenen Horizonten des außeralpinen Oberkarbon verglichen werden konnten. Hierher gehören verschiedene Fundpunkte im Wallis, ferner am Steinacher Joche südlich von Innsbruck, an der Stangalpe in Steiermark, am Semmering südlich von Wien, wo sie in neuerer Zeit von Toula entdeckt wurden, sowie von Tergove in Kroatien. Marine Vorkommnisse zeigen sich namentlich in der südlichen Zone der Ostalpen, von wo dieselben unter dem Namen der Gailthaler Schichten bekannt geworden sind; allerdings wurden lange Zeit hindurch damit auch verschiedene andre paläozoische Gebilde verwechselt, bis es den Untersuchungen von Stache gelang, die verwickelten Verhältnisse der dortigen ältern Ablagerungen zu entwirren. Außer den fossilreichen Schichten der ältern Kohlenformation, welche schon seit langem bekannt waren und mit denjenigen des Kohlenkalkes in Belgien große Ähnlichkeit zeigen, fanden sich im höhern Niveau Fusulinenkalke, welche auch hier gegen oben allmähliche Übergänge zu der permischen Schichtreihe zeigen.

Von andern Gegenden Südeuropas ist vor allen Spanien zu nennen, wo in den Nordprovinzen, in Leon und Asturien, mariner Kohlenkalk auftritt, während in der Sierra Morena typischer Kulm mit Posidonomya Becheri und hier sowie in der Gegend von Sevilla auch einige Kohlenflöze vorhanden sind. In Italien sind Kohlenpflanzen in der Gegend von Pisa gefunden worden, im Balkan hat Toula solche nachgewiesen, und auf der Insel Chios an der kleinasiatischen Küste hat Teller ein isoliertes Vorkommen von Fusulinenkalken entdeckt.

Als Ausläufer der südeuropäischen Vorkommnisse dürfen wohl auch diejenigen im nördlichen Afrika betrachtet werden, da sie in dem geologisch zur Mittelmeerregion gehörigen Wüstengebiete gelegen sind, welches von dem mittlern und südlichen Afrika in seinem Baue vollständig abweicht. Marine Ablagerungen des untern Kohlenkalkes, welche von Stache beschrieben wurden, hat Lenz auf seinem kühnen Zuge nach Timbuktu im westlichen Teile gefunden. Beyrich hat unter den von Overweg in der zentralen Sahara gesammelten Versteinerungen Spuren der produktiven Kohlenformation aus der Gegend von Mursuk nachgewiesen. Endlich sind schon auf asiatischem Boden, auf der Sinaihalbinsel, vereinzelte Kohlenkalkfossilien und Lepidodendron entdeckt worden; diese sind deswegen von Interesse, weil sie uns die südlichsten Punkte angeben, von welchen auf der nördlichen Hemisphäre Vertreter der vor allem charakteristischen Typen der Kohlenflora, der Lepidodendren oder Sigillarien, bekannt sind. Der ganzen Äquatorialzone fehlen dieselben, und erst im südlichen Australien, in Südafrika und im südlichsten Teile von Brasilien treten sie wieder auf.

Die größte Übereinstimmung mit den Verhältnissen Europas zeigen diejenigen Regionen, welche unter derselben geographischen Breite oder nördlicher gelegen sind. Die wenigen Vorkommnisse, die wir aus Sibirien kennen, scheinen sich den unsrigen nahe anzuschließen, und ebenso stimmen die hochnordischen Vorkommnisse ziemlich nahe mit diesen überein. Die Kohlenkalkfaunen von Nowaja Semlja, von Spitzbergen, der Bäreninsel und andern Punkten lassen keinen wesentlichen Unterschied erkennen, und dasselbe gilt von der

Pflanzenwelt, die wir namentlich durch Heer und Nathorst näher kennen gelernt haben. Auf der Bäreninsel unter 74° nördlicher Breite, nördlich von Norwegen, und auf Spitzbergen haben sich Floren gefunden, die mit derjenigen unsers Kulm die größte Ähnlichkeit zeigen; aber auch das obere produktive Kohlengebirge ist auf Spitzbergen vertreten, und ebenso verhalten sich die Fundstellen im nordamerikanischen Polararchipel. Es sind das jene überaus merkwürdigen Vorkommnisse, die schon früher erwähnt wurden, Vorkommnisse, welche vor allem zu der Annahme geführt haben, daß in jener Zeit über die ganze Erde ein gleichmäßiges Klima geherrscht habe.

Unter allen Ländern, deren Entwickelung mit der europäischen übereinstimmt, zeigt Nordamerika weitaus die großartigste Entfaltung der Kohlenformation. Ungeheure Flächen nimmt diese hier ein, gewaltig ist die Menge der Versteinerungen, und vor allem ist der Vorrat an fossilem Brennstoffe, mit welchem namentlich die atlantische Region ausgestattet ist, ein überaus großer. Wir werden auf diesen letztern Gegenstand und auf dessen technische Bedeutung in einem spätern Abschnitte ausführlicher zurückkommen, hier beschäftigen wir uns nur mit der Gliederung der Formation und deren Fossilführung. Auch hier finden wir die ältere Abteilung meist durch Kohlenkalk vertreten, der in ungeheurer Verbreitung namentlich in den mittlern und westlichen Staaten der Union auftritt, während im Osten, in der appalachischen Region, statt dessen vorwiegend mächtige Ablagerungen von Sandstein und Schiefer mit Landpflanzen und stellenweise mit Kohlenflözen vorkommen; doch fehlen auch hier Kalkeinlagerungen nicht. Außerordentlich reich ist die marine Ausbildung namentlich in der mittlern Region der Vereinigten Staaten, vorzüglich in Illinois, Kentucky, Jowa und Missouri; zahlreiche Horizonte werden hier unterschieden, und die Fauna entwickelt eine Pracht und Mannigfaltigkeit, welche selbst diejenigen der berühmtesten belgischen, englischen und irischen Fundstellen übertrifft. Vor allem sind es die Echinodermen, die durch ihre merkwürdigen Formen und ihre wundervolle Erhaltung hervortreten, Seeigel, Blastoideen, vor allem aber die herrlichen Krinoidenreste, welche namentlich in der Keokukgruppe und in der Burlingtongruppe in einer Menge und Schönheit vorkommen wie wohl nirgends mehr auf der Erde. Auch im Westen zeigt der Kohlenkalk eine ganz außerordentliche Mächtigkeit und Verbreitung, und der berühmte „große Cañon“ des Colorado liegt zum größten Teile in diesem Gesteine eingeschnitten; die beigeheftete Tafel „Kohlenkalkablagerungen in der Kanab-Wüste, Arizona (Nordamerika)“ zeigt das aus Kohlenkalk gebildete Gehänge der gewaltigen Schlucht und einen Teil der Oberfläche der benachbarten Kanab-Wüste.

Auch im obern Teile der Kohlenformation sehen wir wie in Europa zwei kontrastierende Entwickelungsarten; im östlichen Teile der Vereinigten Staaten und in einem großen Teile der Mittelregion, ferner in Neubraunschweig und Neuschottland tritt produktives Gebirge mit Flözen, mit Resten von Landpflanzen, von Landschnecken, von Tausendfüßen, Skorpionen, Spinnentieren, Insekten und Amphibien auf, und diese Gegenden beherbergen die großen Kohlenschätze der Neuen Welt, während im Westen die Fusulinenkalke herrschen.

Weit geringer ist die Verbreitung der Kohlenformation in Südamerika; an einigen Stellen der Kordilleren, namentlich in Peru, ferner im Flußgebiete des Amazonenstromes, in Brasilien tritt Kohlenkalk auf, während Binnenentwickelung mit Resten von Landpflanzen bis jetzt nur aus dem südlichsten Brasilien, aus der Provinz Rio Grande do Sul, bekannt ist, wo sie jedoch nur geringe Bedeutung zu besitzen scheint.

KOHLENKALKABLAGERUNGEN IN DER KANAB-WÜSTE, ARIZONA (Nordamerika)

Google

Das Gebiet der Glossopteris-Flora.

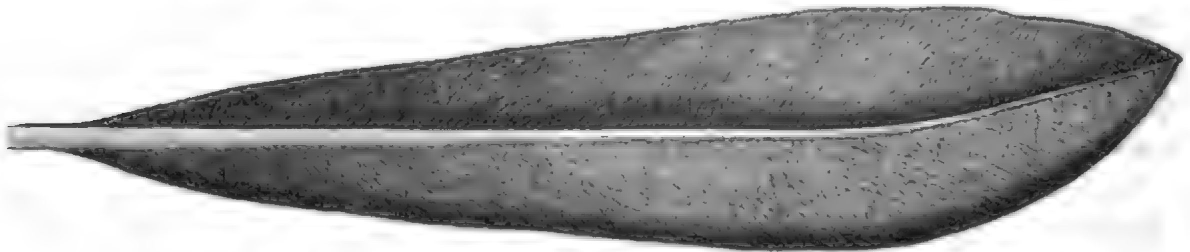
In all den bisher besprochenen Gegenden läßt sich eine weitgehende Übereinstimmung im Typus der karbonischen Ablagerungen nicht verkennen; zwar ist die Faciesentwickelung eine überaus wechselnde, bald ist die untere Hälfte der Kohlenformation durch marine, die obere durch limnische Bildungen vertreten, bald herrscht durch die ganze Mächtigkeit hindurch die erstere, bald die letztere Entwickelung vor; so bedeutend aber auch die Unterschiede in dieser einen Richtung sind, so groß ist trotz weiter räumlicher Entfernung die Verwandtschaft, sobald gleichalterige Horizonte in gleicher Ausbildungsweise vorkommen. Im Gegensatze dazu finden wir aber ein zweites, sehr ausgedehntes Gebiet, welches von dem gewöhnlichen Typus in vielen wichtigen Punkten abweicht, so daß man sich lange nicht davon überzeugen konnte, daß dessen wichtigste Gebilde wirklich der Kohlenformation angehören, und dessen überaus merkwürdige Verhältnisse in früher nie geahnter Weise die Ansicht widerlegen, daß damals über die ganze Erde hin gleichmäßige Lebensbedingungen und Bevölkerung herrschten.

Die Gegenden, um welche es sich hier handelt, gruppieren sich der Hauptsache nach um den Indischen Ozean: Südafrika, Afghanistan, Vorderindien und das südliche Australien sind die Träger dieser Entwickelung der Kohlenformation, aber auch in China sind wenigstens Annäherungen an diesen Typus gegeben.

Wenden wir uns von der europäischen Region nach Osten, so finden wir zunächst im Kaukasus ausgezeichnet entwickelte Fusulinenkalke und außerdem eine jüngere wohl schon der permischen Formation angehörige Ablagerung, deren reiche Fauna von Abich aus Armenien von der Araxesenge bei Djulfa beschrieben worden ist. Neben einigen Ammoniten von verhältnismäßig hoch entwickeltem Lobenbaue finden sich namentlich zahlreiche Brachiopoden und Korallen, welche sich teils an karbonische, teils an permische Typen anschließen und namentlich deutliche Anklänge an die Vorkommnisse im Ural zeigen. Weiter nach Osten liegen Fusulinenkalke aus Persien vor, und von hier scheinen sich dieselben durch Zentralasien nach China und Japan zu ziehen. Vor allem ist China durch die enorme Ausdehnung ausgezeichnet, welche die Kohlenformation hier erreicht. Außer dem marinen Kalke treten hier namentlich in den nördlichen Provinzen produktive Ablagerungen auf, welche an Ausbreitung und Mächtigkeit der Kohlenflöze mit denjenigen von Nordamerika vollständig wetteifern können und unermeßliche und noch fast unberührte Schätze von fossilem Brennmateriale enthalten. Wenn die Flöze Europas erschöpft sein werden, dann wird sich dereinst hier ein Hauptsitz der Weltindustrie entwickeln, dem alle Völker in ähnlicher Weise tributär sein werden, wie sie es heute England sind. In der Flora der produktiven Ablagerungen sehen wir zum erstenmal namhafte Verschiedenheiten von dem europäischen und nordamerikanischen Typus, indem gerade die bezeichnendsten Pflanzenformen unsrer Gegenden in China fehlen oder sehr selten sind. So ist bis heute noch kein Siegelbaum gefunden worden, die Lepidodendren oder Schuppenbäume und die Kalamiten sind sehr selten und bis jetzt nur in sehr dürftigen Resten vertreten, während allerdings im übrigen der Charakter so ziemlich derselbe ist.

In hohem Grade gesteigert sehen wir nun aber die Abweichungen in der oberkarbonischen Flora der oben genannten Länder um den Indischen Ozean. Wir werden wohl diese merkwürdigen Verhältnisse am leichtesten verständlich finden, wenn wir zuerst Australien ins Auge fassen, dessen Ablagerungen lange Jahre hindurch den Gegenstand wissenschaftlicher Kontroversen gebildet haben. Das tiefste Niveau in der Kohlenformation nehmen hier flözführende Schichten ein, deren fossile Pflanzen ganz normalen Habitus zeigen, unter denen Lepidodendren und andre charakteristische Formen vorhanden sind, und welche ohne

Schwierigkeit mit den Kulmbildungen Europas in ungefähre Parallele gebracht werden können, von manchen sogar als devonisch betrachtet werden. Darüber folgen nun Ablagerungen, in welchen marine Bänke mit pflanzen- und kohlenführenden Schichten wechseln und zwar in einer Weise, daß an der gleichzeitigen Existenz der Marinfauna mit der betreffenden Landvegetation unmöglich gezweifelt werden kann. Betrachten wir die Meerestiere, deren de Koninck eine große Zahl beschrieben hat, so kann nicht der mindeste Zweifel dagegen herrschen, daß wir es mit einer echten Kohlenkalkfauna zu thun haben: die Pflanzenreste, welche von diesen marinen Vorkommnissen über- und unterlagert werden, zeigen dagegen vollständig verschiedenen Charakter; keine der charakteristischen Gattungen der Kohlenformation, keine Sigillarie, kein Lepidendron, kein Kalamit, keine Spur von Asterophylliten, Annularien &c. ist zu finden. Farne, Schachtelhalme, Sagopalmen und Nadelhölzer, die beiden letztern Gruppen allerdings noch in sehr geringer Zahl, setzen die Flora zusammen, und die einzelnen Gattungen derselben nähern sich weit mehr solchen Typen, welche sonst im untern Teile der mesozoischen Bildungen, als solchen, die im Kar-



Glossopteris indica, aus den Damuda-Schichten Indiens. (Nach Medlicott und Blanford.)

bon vorkommen. Das gilt von dem verbreitetsten und wichtigsten Typus, der Farngattung Glossopteris (s. obenstehende Abbildung), die auch in Indien und Südafrika wiederkehrt, das gilt von den Schachtelhalmgattungen Phyllotheca und Vertebraria und von verschiedenen andern.

Als diese Verhältnisse zuerst durch die Untersuchungen von Clarke bekannt wurden, stießen sie auf allgemeinen Unglauben. Es schien unmöglich, daß eine Flora von mesozoischem Gepräge gleichzeitig mit einer marinen Kohlenkalkfauna gelebt haben sollte, und da schon oft genug ähnlichen Verhältnissen gegenüber bei der ersten Untersuchung unbekannter Länder Irrtümer vorgekommen sind, so glaubte man auch hier einen solchen voraussetzen zu müssen. Aber zahlreiche Geologen haben seither die Frage geprüft, manche haben sich eigens in die fraglichen Gegenden verfügt, um diese Frage zu studieren, alle überzeugten sich von der Richtigkeit der ursprünglichen Auffassung. Überdies ergab aber auch die Beobachtung der weitern Schichtfolge entschiedene Bestätigung; über jenem Wechsel von marinen und pflanzenführenden Bänken folgt in Australien eine reine Binnenablagerung, welche den Namen der Newcastleschichten erhalten hat und dieselbe Flora, welche schon in dem tiefern Horizonte enthalten war, in reicherer Entwickelung zeigt. Noch höher aber folgen die sogenannten Hawksburyschichten mit Palaeoniscus und andern Fischen, wie sie in Europa in permischen Ablagerungen vorkommen, und wir erhalten also dadurch eine neue Bestätigung der Anschauung, daß die ältesten, Glossopteris führenden Ablagerungen der Kohlenformation angehören.

Wir können demnach sagen, daß in Australien zu einer Zeit, als in Europa und Nordamerika noch die Lepidodendren- und Sigillarienflora existierte, sich eine neue Pflanzenwelt entwickelte von dem Charakter derjenigen, welche in unsern Gegenden weit später, in der Triasformation, zur Herrschaft gelangte. Schon diese Thatsache an sich ist von außerordentlicher Bedeutung, allein sie gewinnt noch ungemein

an Wichtigkeit, wenn wir die Umstände ins Auge fassen, unter welchen diese Vegetation auftritt, und wenn wir dieselbe Erscheinung in andern Gegenden wiederkehren und dadurch die Richtigkeit der an einem Punkte gesammelten Erfahrungen bestätigt sehen.

In Indien finden wir keinerlei Ablagerung mit einer typischen Karbonflora mit Lepidodendren ꝛc., wie sie z. B. in Australien als tiefstes Glied vorhanden ist, sondern im Gebiete der vorderindischen Halbinsel tritt über fossilfreien Ablagerungen von kristallinischen und halbkristallinischen Schiefern, Thonschiefern und Sandsteinen als ältester versteinerungsführender Horizont die sogenannte Gondwanastufe auf, ein mächtiges Schichtsystem, das von Versteinerungen nur Reste von Landpflanzen und Wirbeltieren enthält. Diese Gondwanagruppe zerfällt in zwei Abteilungen, von welchen die untere selbst wieder in drei Horizonte gegliedert wird, von denen der älteste den Namen der Talchirschichten, der mittlere den der Damudaschichten, der oberste den der Panchetschichten erhielt. Alle diese Ablagerungen zeigen nun auffallende Übereinstimmung in ihrem Florencharakter mit den oben geschilderten australischen Vorkommnissen, und namentlich die Gattungen Glossopteris, Phyllotheca, Vertebraria und einige andre verbinden beide miteinander.

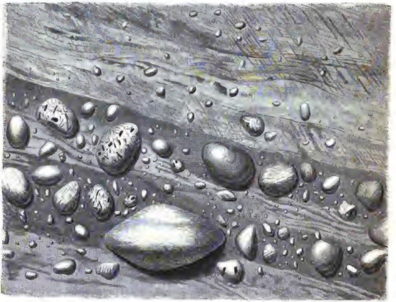
Über das Alter der Talchirs, der Damudas und Panchets war man lange Zeit hindurch zweifelhaft; auf der einen Seite war man geneigt, nach Analogie mit Australien wenigstens die beiden erstgenannten Abteilungen den jüngern paläozoischen Ablagerungen zuzuzählen, wie das namentlich von Blanford geschah, während andre den Pflanzen entschieden jüngern Charakter zuerkannten, die Beobachtungen über die Lagerungsverhältnisse für irrig erklärten und alle Glossopteris führenden Schichten der mesozoischen Ära einverleibten.

Unter den genannten Ablagerungen nehmen vor allem die an der Basis der Gondwanastufe liegenden Talchirschichten großes Interesse in Anspruch; ihre allerdings ärmliche Flora hat am meisten Übereinstimmung mit derjenigen, welche in Australien mit den marinen Kohlenkalkfossilien zusammen vorkommt, vor allem aber ist die Gesteinszusammensetzung eine höchst merkwürdige. Der Hauptsache nach bestehen die Talchirschichten aus zarten Thonen und sehr feinkörnigen Sandsteinen, die weniger durch deutliche Schichtung als durch eckige Zerklüftung ausgezeichnet sind. In dieser zarten Grundmasse liegen nun bald vereinzelt, bald in Menge beisammen, aber im letztern Falle ohne die geringste Regelmäßigkeit und ohne deutliche Anordnung nach Schichten Blöcke und Geschiebe verschiedenartiger fremder Gesteine (s. Abbildung, S. 194). Sie wechseln von Faustgröße bis zu einem Durchmesser von mehr als 4 m und zu einem Gewichte von 30 Tonnen, die gewöhnliche Größe ist 15—90 cm Durchmesser. Sie sind meist gerundet, oft an ihrer Oberfläche geschrammt und gekritzt wie Glazialgeschiebe und rühren größtenteils von Gesteinen her, welche weithin im Umkreise der heutigen Fundpunkte nirgends vorkommen.

Wenn wir uns nun fragen, auf welche Weise derartige über außerordentlich große Flächen ausgebreitete Ablagerungen entstanden sein können, so ist es sofort klar, daß die Thätigkeit des Wassers allein hierzu in keiner Weise ausreicht. Das Wasser bringt immer eine Sichtung des Materiales nach der Größe zu stande, es kann niemals gewaltige Blöcke mitten in einem feinen Thon- oder Sandsedimente ablagern; höchstens könnte etwas derartiges da vorkommen, wo von einem Steilgehänge Blöcke unmittelbar in einen See stürzen. Indes eine solche Erklärung ist natürlich bei einer über Hunderte von Quadratmeilen ausgebreiteten Bildung ausgeschlossen, ebensogut wie die Wirkung von Schlammströmen, wie wir deren einen im ersten Bande, Seite 417, kennen gelernt haben. Unter Verhältnissen, wie sie in den Talchirschichten und namentlich an deren Basis vorkommen, kennen wir nur ein einziges Transportmittel, welches eine derartige Anordnung hervorgebracht haben kann, nämlich Eis, und in der That haben alle, welche die Blocklager der Talchirschichten eingehender untersucht haben, sich dafür ausgesprochen, daß nur auf diesem Wege eine Erklärung

möglich sei. Es wird angenommen, daß Flüsse das Steinmaterial teils auf Eisschollen liegend, teils im Grundeise eingebacken in das Wasserbecken hinaustrieben, in welchem die Talchirschichten sich ablagerten, und daß die Blöcke nach dem Schmelzen des Eises zu Boden sanken und so in das feine thonig-sandige Sediment eingebettet wurden.

So stand die Frage, als eine neue Beobachtung von größter Wichtigkeit durch Waagen mitgeteilt wurde, welche durchaus geeignet ist, alle noch herrschenden Zweifel zu zerstreuen. Ganz ähnlich den Talchirschichten der Indischen Halbinsel treten viel weiter im Norden, im nordwestlichsten Teile von Indien, in dem Salzgebirge am obern Indus, block-



Blockführende Ablagerungen der Talchirschichten aus dem nordöstlichen Teile der Indischen Halbinsel, mit Blöcken von Turmalingranit, Gneiß, Hornblendeschiefer und Quarzit. (Nach Griesbach.) Vgl. Text, S. 193.

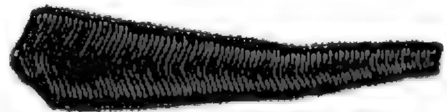
führende Schichten auf, welche ebenso wie jene nur unter der Mitwirkung von Eis gebildet sein konnten. Man hatte dieselben ursprünglich der Kreideformation zugerechnet, allein Waagen zeigte, daß im obersten Teile dieser Stufe eine Schicht mit marinen Versteinerungen eingeschaltet ist, welche eine zwar ziemlich artenarme, aber doch charakteristische kleine Fauna von durchaus paläozoischem Gepräge enthält, und vor allem ist bemerkenswert, daß unter den wenigen sicher bestimmbaren Formen sich zwei Arten der Molluskengattung Conularia (Conularia laevigata und tenuistriata, s. Abbildung, S. 195) finden, welche ursprünglich aus den Glossopteris führenden Karbonablagerungen Australiens beschrieben worden waren.

Wir haben also in Indien im Süden die blockführende Formation mit Pflanzen der obern Kohlenformation Australiens, im Norden ebensolche Ablagerungen mit marinen Tierformen derselben australischen Schichten, und es konnten daher alle diese Bildungen mit voller Sicherheit miteinander verglichen werden, um so mehr, als nach Mitteilungen

Digitized by Google

von Oldham auch in Australien ebensolche Blöcke, die auf die Mitwirkung von Eis hinweisen, in Menge in diesem Horizonte vorkommen. Eine weitere Bestätigung des karbonischen Alters aller dieser Vorkommnisse erhalten wir ferner durch die Angaben von Waagen, daß die blockführenden Schichten des Salzgebirges durch Fusulinenkalke der obern Kohlenformation überlagert werden.

Die geographische Verbreitung dieser überaus merkwürdigen Blockschichten der Kohlenformation ist jedoch damit noch nicht erschöpft; zunächst setzen sie aus dem Salzgebirge nach Westen über den Indus und sind von da nach Afghanistan verfolgt worden, wo sie bedeutenden Flächenraum einnehmen. Allein noch in einer weit entfernten Region treffen wir auf durchaus übereinstimmende Verhältnisse: im südlichen Afrika, in der Kapkolonie und noch weithin in den nordwärts anstoßenden Gebieten sehen wir eine Entwickelung, welche in der auffallendsten Weise an die eben besprochenen Vorkommnisse erinnert. Hier treten alte Gneiße, über diesen marine Devonablagerungen und darüber Schichten des untern Teiles der Kohlenformation mit Sigillarien, Lepidodendren &c. auf, die wir mit den tiefsten Karbonschichten Australiens vergleichen können; dann folgt in ungleichförmiger Lagerung über den verschiedenen ältern Gebilden die Karooformation, welche aller Wahrscheinlichkeit nach dem obern Teile der Kohlenformation, dem Perm und der Trias, nach dem europäischen Schema entspricht. Ebenso wie die Gondwanaschichten Indiens, beginnen auch die Karoobildungen Afrikas mit einer blockführenden Ablagerung, den sogenannten Eccaschichten, mit allerdings spärlichen Resten einer Flora, welche derjenigen der untern Gondwanaschichten entspricht; dann folgen wahrscheinlich als Vertreter der obersten Horizonte der Karbonformation und des Perm die Koonap- und die Beaufortschichten, während die oberste Abteilung der Karooformation, die Stormbergschichten, der Trias zu entsprechen scheint. Doch sind die Verhältnisse dieser höhern Horizonte noch nicht hinreichend festgestellt, und namentlich die große Menge der Reptilien in den Beaufortschichten verhindert die vollständige Einverleibung in die paläozoische Periode. Es ist sehr wohl möglich, daß das, was man heute unter diesem Namen zusammenfaßt, in Wahrheit verschiedenen Horizonten angehört.



Conularia laevigata, aus den die Geschiebeablagerungen bedeckenden Schichten des indischen Salzgebirges. (Nach Waagen.) Vgl. Text, S. 194.

Wie dem auch sei, jedenfalls scheint die eine Thatsache nach dem heutigen Stande unsers Wissens festzustehen, daß in Australien, Indien, Afghanistan und Südafrika gleichzeitig mit der Flora der produktiven Steinkohlenformation Europas und in den beiden ersten Regionen zusammen mit typischen Marinfossilien des Kohlenkalkes eine von der gleichzeitigen europäischen vollständig abweichende Vegetation auftritt, welche in unsern Gegenden ihre nächsten Verwandten in der Pflanzenwelt der Trias findet. Diese neue Pflanzengesellschaft, welche namentlich durch die Gattung Glossopteris bezeichnet ist, kommt in Australien, in Indien, in Afghanistan wie in Südafrika überall zuerst in Schichten vor, welche durch das Auftreten großer, geschrammter Blöcke in zarten Thon- und Sandgesteinen als unter der Einwirkung von Eis gebildet charakterisiert sind. Das Areal, auf dem diese Erscheinungen beobachtet sind, erstreckt sich über mehr als 60 Breitengrade und etwa 130 Längengrade, das Auftreten der oberkarbonischen Glossopteris-Flora umfaßt also ein gewaltig großes Gebiet, welches hinter keinem unsrer heutigen Erdteile an Umfang zurücksteht. Allerdings ist heute der größte Teil desselben vom Indischen Ozeane eingenommen, allein wir haben alle Ursache, die Ansicht zu hegen, daß dem zu jener Zeit noch nicht so war, sondern daß damals hier ein großes zusammenhängendes Festland lag; wir sehen, daß dieselbe Landflora in all den genannten Gegenden auftritt, und schon

dies leitet auf eine derartige Vermutung, und auch die Landfauna von Amphibien und Reptilien, welche in etwas jüngern Ablagerungen erscheint, kommt in Afrika wie in Indien gleichmäßig vor. Wir werden überhaupt bei der Besprechung der spätern Formationen zahlreiche Beweise dafür finden, daß von der Karbonzeit bis gegen die Mitte der Tertiärzeit wenigstens das südliche und zentrale Afrika mit der Indischen Halbinsel zusammenhingen, und für die frühere Zeit müssen wir das auch für Australien voraussetzen.

Zu der Annahme, daß hier in der That ein großes Kontinentalgebiet vorhanden war führen uns auch andre Erwägungen. Wir sehen in den genannten Ländern den Florentypus auftauchen, welcher späterhin der allgemein herrschende wird, wir haben es also mit einer für den Kampf ums Dasein trefflich ausgerüsteten Pflanzengesellschaft zu thun, die sich endlich die ganze Erde erobert. Nun wissen wir aber, daß die Bevölkerung kleinerer Gebiete, z. B. von Inseln, wenig widerstandskräftig ist im Gegensatze zu derjenigen weit ausgedehnter Festlandgebiete, und wenn durch irgend eine Ursache Formen von einer Insel mit solchen eines großen Kontinentes in Konkurrenz treten, so tragen immer die letztern den Sieg davon. Wir müssen also jedenfalls annehmen, daß die oberkarbonische Glossopteris-Flora, welche so gewaltige Expansionskraft zeigt, aus einem sehr großen Kontinente stammt, und einen solchen können wir uns nach der Gesamtheit der vorliegenden geologischen Daten nicht anders als in der Weise denken, daß über den heutigen Indischen Ozean hinweg Südafrika, Indien und Australien zusammenhingen, und darauf weist auch die große Ähnlichkeit der Gesteine in diesen weit voneinander entlegenen Gegenden hin.

Überall auf den Trümmern jenes alten Kontinentes sehen wir das erste Erscheinen der Glossopteris-Flora durch Spuren von Eiswirkung begleitet, und zugleich verschwindet die typische Kohlenflora mit ihren Lepidodendren und Sigillarien; wir dürfen daraus wohl mit Sicherheit schließen, daß die erstere Pflanzengesellschaft verhältnismäßig kälterm Klima angehört und angepaßt war, und daß die Abnahme der Temperatur die ältere Karbonflora aus diesen Regionen vertrieb. Diese letztere erhält sich in andern Gegenden, in Europa, in Nordamerika, ja selbst in polaren Regionen, wie Spitzbergen, noch immer, und wir kommen dadurch zu dem seltsamen Resultate, daß Spitzbergen damals ein wärmeres Klima hatte als Indien, das südliche Afrika und das südliche Australien. Erst später verschwinden die Sigillarien, die Lepidodendren und ihre Genossen auch aus den nördlichen Regionen, und merkwürdig genug ist es, daß deren Erlöschen auch in Europa zeitlich ungefähr mit dem Auftreten der Spuren von Eiswirkung in den der permischen Formation angehörigen Ablagerungen des Rotliegenden zusammenfällt. Wir sehen also gegen Ende der paläozoischen Zeit über ungeheure Strecken der Erdoberfläche eine Erniedrigung des Klimas eintreten, welche uns zuerst im Gebiete des heutigen Indischen Ozeanes bemerkbar wird und erst später ihre Wirkungen auch auf die nördlichern Regionen erstreckt.

Schon früher wurde auf die vorläufig unüberwindlichen Schwierigkeiten hingewiesen, welche diese Thatsachen einer Erklärung entgegensetzen; es wird aber gut sein, hier etwas näher auf diesen Gegenstand einzugehen, um dessen Bedeutung klarer hervortreten zu lassen. Wäre die Reihenfolge der Erscheinungen die gerade entgegengesetzte gewesen, hätten sich die ersten Spuren von Eiswirkung und der Verdrängung der Lepidodendrenflora durch die Glossopteris-Flora in höhern Breiten gezeigt, und wären dann erst in späterer Zeit dieselben Vorgänge in den dem Äquator genäherten Gegenden eingetreten, so würde uns das ganz naturgemäß erscheinen. Wir würden dann folgern, daß in langen Perioden Zeiten warmen mit solchen kalten Klimas auf der Erde wechselten, daß die erste Hälfte der Steinkohlenzeit heiß war und später von den Polen her eine Abkühlung erfolgte, die sich dann in die tropischen Regionen fortpflanzte. Könnten wir auch die Ursache dieser Veränderungen nicht angeben, so sähen wir doch, daß sie in gesetzmäßiger und mit den heutigen

Gesetzen der Temperaturverbreitung übereinstimmender Weise vor sich gingen. In Wirklichkeit aber ist gerade das Gegenteil von dem der Fall, was man logischerweise annehmen sollte.

Gewiß liegt es unter diesen Verhältnissen nahe, zu vermuten, daß damals die Lage der Pole und der Erdachse eine andre war als heute, eine Hypothese, die bekanntlich schon vor langer Zeit aufgestellt worden ist, aber sich nie allgemeinen Eingang hat verschaffen können. Wir wollen hier die Frage gar nicht berühren, ob eine Verlegung, wie sie hier erforderlich wäre, überhaupt mechanisch möglich ist, eine Frage, die von verschiedenen Physikern und Astronomen in sehr verschiedener Weise beantwortet wird; wir wollen für den Augenblick die Möglichkeit als erwiesen annehmen und nur untersuchen, ob denn auf diesem Wege das Rätsel überhaupt einfacher erscheint. Wenn wir die Lage der äußersten Punkte in Betracht ziehen, an welchen die Spuren von Eiswirkung im obern Karbon beobachtet sind, so finden wir dieselben in der Kapkolonie, im obern Pandschab in Indien und im südöstlichen Australien gegeben. Denken wir uns nun den Südpol etwa in die Mitte dieser Extreme gelegt, also ungefähr in den Meridian der Ostküste von Ceylon und in den 20.° südlicher Breite nach unsern heutigen geographischen Verhältnissen, so würden doch die äußersten Punkte, an denen Eiswirkung bemerkbar wird, 55—60° von diesem Punkte entfernt liegen, also 30—35° von dem damaligen Äquator entfernt. Jede andre Annahme würde noch ungünstigere Verhältnisse ergeben, mit andern Worten, auch bei dieser Annahme wären die äußersten Punkte zwar auf einer und derselben Seite des Äquators, aber kaum wesentlich weiter von demselben entfernt als heute. Wenn wir nun aber ins Auge fassen, wo unter dieser Voraussetzung der Nordpol gelegen wäre, so finden wir seine Stelle in Mexiko, ungefähr in der Gegend der Stadt Queretaro. Dann wären aber natürlich die nordamerikanischen Kohlenfelder, in denen sich die Lepidodendrenfauna ja erhalten hat, dem Pole sehr nahe, die äußersten Ausläufer derselben wären dann etwa unter 73° nördlicher Breite gelegen. Wir erhalten also, wenn wir den Südpol in die für eine Erklärung denkbar günstigste Lage bringen, keine viel einfachere Gruppierung als unter den heutigen Verhältnissen. Und selbst der gewagte Ausweg, eine sehr weitgehende Vereisung der südlichen Halbkugel anzunehmen, während die nördliche Halbkugel sehr warm war, ist unmöglich, da hier der Umstand, daß wenig später in der Permzeit sowohl in Europa als in Australien Eisspuren auftreten, ein unüberwindliches Hindernis darbietet.

Begegnet in dieser Weise der Versuch, die geschilderten Erscheinungen auf allgemeine, die ganze Erde betreffende Vorgänge zurückzuführen, unüberwindlichen Schwierigkeiten, so geht es nicht besser, wenn wir die Erklärung in lokalen Verhältnissen suchen wollen. Schon der Umstand, daß die westlichsten Vorkommnisse der Eccaschichten in Südafrika von den östlichsten blockführenden Ablagerungen in Australien mindestens so weit entfernt sind wie Lissabon von Peking, zeigt, daß es sich unmöglich um eine einheitliche örtliche Ursache handeln kann, sondern wir müßten die wenig wahrscheinliche Annahme machen, daß in so ungeheuer weit voneinander entlegenen Gegenden selbständig dieselben Verhältnisse aufgetreten wären, als die wir uns nur das Vorhandensein sehr hoher, schneebedeckter Gebirge vorstellen könnten. Es wäre immerhin möglich, die Glossopteris-Flora als die Hochgebirgsflora der obern Karbonzeit zu betrachten und den Gletschern der angenommenen Gebirge eine Rolle bei dem Transporte von Blöcken zuzuschreiben. Allein es ist doch kaum anzunehmen, daß die Wirkung dieser vermuteten Bergmassen auf so großem Territorium, wie es allein das Gebiet der indisch-afghanischen Blockschichten darstellt, sich in so intensiver Weise bis zum Meeresniveau hinab geltend gemacht habe zu einer Zeit, zu welcher auf Spitzbergen dieselbe Flora wie im südlichen Europa fortkommen konnte; ja, wir kämen auf diesem Wege zu dem widersinnigen Schlusse, daß damals die äquatorialen Gegenden kaltes, die polaren warmes Klima gehabt hätten.

So können wir zu keiner befriedigenden Erklärung dieser verwickelten Verhältnisse gelangen; daß eine solche existieren muß, ist klar, denn die Gesetze der Physik hatten damals so gut wie heute Geltung, und auf diese müssen sich all die rätselhaften Erscheinungen zurückführen lassen. Nur unser Wissen ist noch zu beschränkt, um uns das Richtige erkennen zu lassen. Wir können vorläufig nur die eine Folgerung ziehen, daß die klimatischen Verhältnisse der paläozoischen Zeit ein überaus verwickeltes Problem bilden, dem eine positive Lösung nach irgend einer Richtung geben zu wollen vollständig verfrüht wäre, und daß auch die Hypothese einer gleichmäßig warmen Temperatur auf der ganzen Erde mit alledem, was daran hängt, durchaus unberechtigt ist. Die Aufgabe ist jetzt nicht, sich in Vermutungen zu verlieren, sondern nur neue Thatsachen zu sammeln und die schon bekannten allmählich einer schärfern kritischen Prüfung zu unterziehen, als das bisher geschehen ist. Nur auf diesem Wege ist ein Fortschritt möglich, und nicht der geringste Gewinn der neuern Untersuchungen über die Kohlenformation in Indien, Südafrika und Australien besteht darin, daß die absolute Haltlosigkeit der frühern Hypothesen dadurch dargethan ist.

Der von Waagen endgültig geführte Nachweis der Zugehörigkeit der Talchirschichten und ihrer Äquivalente zu der obern Kohlenformation bringt übrigens noch nach andrer Richtung wichtige Folgerungen mit sich. Es werden dadurch alle noch vorhandenen Zweifel an der Gleichzeitigkeit der ältesten, durch Glossopteris charakterisierten Floren in Indien, Australien &c. mit den oberkarbonischen, durch Lepidodendron und Sigillaria charakterisierten Floren in Europa und Nordamerika gehoben. Wir müssen daher hier zwei Pflanzengesellschaften miteinander parallelisieren, die ihrer ganzen Erscheinungsweise nach im höchsten Grade verschieden sind und zwar so sehr, daß man es vom rein phytopaläontologischen Standpunkte aus anfangs für unthunlich hielt, sie derselben geologischen Formation oder auch nur einem und demselben Weltalter zuzurechnen. Trotzdem aber hat sich allmählich eine solche Menge überzeugender Thatsachen gehäuft, daß heute alle derartigen Bedenken als unbegründet erscheinen, und es hat sich gezeigt, daß in diesem Falle die Untersuchung der marinen Fossilien, wie zu erwarten war, richtig leitete, während die Altersdeutung nach dem Charakter der Pflanzen zu unrichtigen Ergebnissen führte. Wir müssen daraus folgern, daß die örtlichen Einflüsse des Klimas und andrer äußerer Agenzien schon damals auf die Lokalfloren so gewaltig einwirken konnten, daß jede Spur eines gemeinsamen Charakters dadurch vollständig verwischt ist. Gewiß sind solche Fälle im Verlaufe der Erdgeschichte sehr oft vorgekommen, und manche derselben, wenn auch nicht von so außerordentlich auffallender Natur, können wir auch schon direkt nachweisen. Daraus geht aber hervor, daß der Übereinstimmung im Gesamtcharakter der Flora oder der Verschiedenheit in dieser Richtung ganz allgemein beim Vergleiche des Alters räumlich weit voneinander gelegener Floren nur sehr geringer Wert beigelegt werden darf. Man kann sich der Überzeugung nicht verschließen, daß dies in der Regel viel zu wenig beachtet wird, und daß eine große Menge von Altersbestimmungen auf Grund der fossilen Pflanzen namentlich bei Vorkommnissen aus weit entlegenen Ländern als erwiesen angenommen werden, ohne daß auch nur die geringste Gewähr für deren Richtigkeit vorhanden wäre, und man wird mit der Zeit alle diese gewagten Parallelen einer Revision unterziehen, vorläufig sich aber denselben gegenüber sehr skeptisch verhalten müssen.

Wir schließen damit die Betrachtung der Kohlenformation ab; auf das Vorkommen der Kohle selbst, auf die Beschaffenheit der einzelnen Lagerstätten, auf ihre Gewinnung und technische Bedeutung gehen wir hier nicht ein, da dieser wichtige Gegenstand im letzten Abschnitte dieses Werkes ausführlich behandelt werden wird.

Die permische Formation.

Wir nähern uns dem Ende der paläozoischen Ära, ihr letzter Abschnitt tritt uns in der permischen Formation oder Dyas entgegen, beides Namen, welche unglücklich genug gewählt sind. Der erstere ist nach dem russischen Gouvernement Perm am Fuße des Urals gewählt, wo die Ablagerungen dieses Alters in großer Verbreitung auftreten, aber weder bilden dieselben den historischen Typus dieser Formation, von welchem die Kenntnis ausgegangen ist, noch ist die Entwickelung daselbst eine außergewöhnlich reiche, ja nach der Ansicht vieler Geologen gehören die hierher gerechneten Sedimente des Gouvernements Perm teilweise gar nicht zur permischen Formation, sondern zur Trias. Nicht besser verhält es sich mit dem Namen Dyas, welcher von der in einigen Gegenden Deutschlands und Englands herrschenden petrographischen Zweiteilung in eine untere sandige und eine obere kalkige Hälfte, Rotliegendes und Zechstein, genommen ist. Diese Art der Entwickelung ist eine rein örtliche, auf ziemlich geringes Gebiet begrenzte und eine Namengebung nach derselben nur geeignet, falsche Vorstellungen hervorzurufen. Mit demselben, ja mit weit größerm Rechte könnte man die Karbonformation mit ihrer überaus weit verbreiteten Zweiteilung in Kohlenkalk und produktives Gebirge Dyas nennen. Leider haben wir keine bessere Bezeichnung, und da ein schlechter, aber allgemein bekannter Name immerhin noch besser ist als eine Neuschaffung, so wählen wir unter den verschiedenen Übeln das kleinste, den Ausdruck Permformation. Den Ausgangspunkt für das Studium dieser Ablagerungen bilden die mitteldeutschen Gebirge; hier bestehen seit Jahrhunderten die alten Bergbaue, aus denen der erzreiche Kupferschiefer gefördert wird; sie stellten eine der Hauptschulen des Bergwesens in früherer Zeit dar, in welcher sich großenteils die kernige Sprache und Sitte der Bergleute entwickelt haben. Seit Jahrhunderten führen die Sandsteine und Konglomerate unter dem Kupferschiefer den Namen des „roten, toten Liegenden", der Kalk, welcher über dem Schiefer liegt, ist der „Zechstein". Die ersten Anfänge der Geologie sind durch die Studien von Füchsel, Lehmann und Werner mit diesen Ablagerungen verknüpft, und sie haben jene ehrwürdigen Namen auch in die von ihnen neubegründete Wissenschaft eingeführt.

In denjenigen Gegenden, in welchen die permischen Ablagerungen den ursprünglich beschriebenen Typus zeigen, wird die untere Abteilung durch ein mächtiges, fast bis zu 400 m anschwellendes System von roten Sandsteinen, Thonen und Konglomeraten mit untergeordneten Kalkeinlagerungen gebildet, durchsetzt von zahlreichen Eruptivmassen von Quarzporphyren, Granitporphyren, Melaphyren und ähnlichen Gesteinen vulkanischen Ursprunges. Die Fauna besteht aus wenigen Krustaceen, Insekten, Fischen und Amphibien, zu denen sich Landpflanzen gesellen; wir haben hier wieder eine Entwickelung in Binnengewässern, wie sie uns im alten roten Sandsteine der Devonformation und im produktiven Kohlengebirge entgegentritt, und namentlich mit dem erstern ist die Analogie eine sehr auffallende.

Über dem Rotliegenden, das nach Unterschieden in der Gesteinsbeschaffenheit in mehrere Abteilungen gebracht wird, folgt in der Regel ein Kalkkonglomerat, in welchem Liebe bei Gera einige Brachiopoden, die ersten dürftigen Vertreter marinen Lebens in dieser Region, gefunden hat; dann folgt das berühmte Mansfelder Kupferschieferflöz, eine der merkwürdigsten und eigentümlichsten Ablagerungen, die wir kennen. Es ist das eine schwache, in der Regel nur 6 dm dicke Lage von stark bituminösem Thonschiefer, die schon durch die außerordentliche Verbreitung bei verschwindend kleiner Mächtigkeit ausgezeichnet ist. Wie ein schmales Band umgibt der Kupferschiefer den Südrand des Harzes, die Mansfelder Mulde, den Thüringer Wald, er taucht in Hessen und Westfalen wieder auf, und in derselben Weise finden wir in England in genau übereinstimmender geologischer Lage über dem Rotliegenden und unter dem marinen Kalke der Permformation dieselbe Schieferzone wieder.

Schon diese überraschende Beständigkeit eines an sich so unbedeutenden Schichtgliedes macht uns dasselbe interessant, doch zeigt es noch andre Eigentümlichkeiten. In erster Linie ist der außergewöhnliche Metallgehalt zu nennen, der allerdings in England fehlt und auch in Deutschland durchaus nicht an allen Orten auftritt, sondern wesentlich auf den südlichen Harzrand, das Mansfelder Gebiet, ferner auf die Umgebung von Saalfeld in Thüringen und von Riechelsdorf in Hessen beschränkt ist. Auch hier ist nicht der ganze Schieferkomplex mit Erzreichtum gesegnet, sondern nur die unterste, etwa 10 cm betragende Lage, welche mit verschiedenen Kupfererzen, in geringerm Maße mit Bleiglanz und Silber imprägniert ist. Mit freiem Auge sieht man kaum Spuren des Metallgehaltes, in der Regel tritt derselbe höchstens in unmittelbarer Umgebung der Versteinerungsreste von Fischen oder Landpflanzen deutlicher hervor und ist sonst in staubförmig feinen Teilchen in dem Gesteine verbreitet, das nur etwa 2—3 Prozent Kupfer enthält. Trotz dieses ziemlich unbedeutenden Gehaltes und der geringen Dicke der erzreichen Lage gestattet doch deren große Ausdehnung und Beständigkeit einen lohnenden und in großartigem Maßstabe betriebenen Bergbau, der Tausenden von Menschen Arbeit und Lebensunterhalt gewährt.

Für die Praxis ist das genug, aber die Wissenschaft forscht weiter, sie will erfahren, woher denn das Kupfererz, dieser in regelmäßigen Sedimenten sonst wenigstens in bedeutender Menge so selten auftretende Gast, stammt. Man hat angenommen, daß Mineralquellen, welche sehr reich an gelösten Kupfersalzen waren, in dem Seebecken aufstiegen, aus welchem die Schiefer sich ablagerten, und man bringt die zahlreichen Fossilreste von Fischen damit in Verbindung, welche dadurch vergiftet worden sein sollen. Dann müßte man weiter folgern, daß das ganze Wasser des Sees auf diese Weise eine Kupferlösung darstellte, aus welcher die zahlreichen vorhandenen organischen Substanzen das Erz reduzierten. Mag diese Annahme auch vorläufig am meisten Wahrscheinlichkeit für sich haben, so läßt sich doch nicht leugnen, daß sie keine ganz naturgemäße genannt werden kann, und jedenfalls sind es ganz außergewöhnliche Verhältnisse, die hier geherrscht haben. Auch könnte die Versetzung des Seewassers mit Kupferlösung nur sehr langsam vor sich gegangen sein, und dann hätten die Fische jedenfalls die ihnen nicht zusagenden Teile des Beckens verlassen, statt an Ort und Stelle zu bleiben.

Über dem Kupferschiefer folgt der Zechstein, ein etwas thoniger, dünnschichtiger Kalk, der in der Regel 5—10 m Mächtigkeit besitzt und nur lokal bis zu 30 m anschwillt; er enthält in bedeutender Menge, aber beschränkter Artenzahl eine Meeresfauna, unter welcher Brachiopoden, Muscheln und Mooskorallen oder Bryozoen die Hauptrolle spielen, Formen, die wir später bei Besprechung der Tierwelt der permischen Formation näher kennen lernen werden. Für den Geologen ist das Auftreten der Bryozoen in manchen Gegenden wichtig, namentlich im südöstlichen Thüringen in der Umgebung von Neustadt an der Orla, aber auch anderwärts, z. B. nördlich von Ruhla, wo sich über den sonst ziemlich gleichförmigen Thalgehängen kegelförmige, oben horizontal abgeplattete Dolomitberge erheben, die alle ungefähr dieselbe Höhe von 30 bis 40 m über dem Thalgelände erreichen und mit ihren bewaldeten Rücken einen schönen Gegensatz zu der fruchtbaren Landschaft in der Tiefe bilden. Diese häufig von alten Burgruinen gekrönten Berge bestehen aus Anhäufungen der zarten Bryozoengerüste aus den Gattungen Fenestella, Acanthocladia 2c.; wie K. Liebe gezeigt hat, bildeten hier in der permischen Zeit die Bryozoen in ähnlicher Weise Küstenriffe wie heute die Korallen in den tropischen Meeren ihre Stöckchen und deren Zerreibsel lieferten das Material zur Bildung des Riffsteines, und in Menge finden sich die Fossilreste andrer Tiere, die sich im Schutze der Riffe angesiedelt hatten.

Der eigentliche Zechstein wird von dem Zellendolomite oder der Rauchwacke und der Dolomitasche, einem feinsandigen, leicht zerreiblichen Aggregate kleiner Dolomitkriställchen,

bedeckt, einer Gesteinsgruppe von wechselnder Mächtigkeit, welche dann ihrerseits von dem obersten Gliede der Permformation, dem Systeme des Zechsteingipses, überlagert wird. In wechselnder Reihenfolge und oft sehr unregelmäßiger Lagerung, mit einer Mächtigkeit, die lokal auf ein paar Tausend Meter anschwillt, treten Mergel, Dolomite, bituminöse Schiefer und Kalke auf, zu denen sich Gips und Anhydrit und stellenweise, als weitaus wichtigstes Glied, Steinsalz oft in Massen von ganz ungeheurer Mächtigkeit gesellen. Die wichtigsten und größten Salzlager Deutschlands und vielleicht der ganzen Erde gehören diesem Niveau an; vor allen ist hier Staßfurt bei Magdeburg zu nennen, wo außer dem gewöhnlichen Steinsalze auch wertvolle Kaliverbindungen, die sogenannten Abraumsalze, vorkommen. Wir haben bei früherer Gelegenheit gesehen, daß diese leicht löslichen Salze als das letzte Endprodukt bei der Eindampfung eines abgesperrten Meeresteiles sich ausscheiden; allerdings entwickelt sich der Prozeß verhältnismäßig selten bis zu diesem seinem naturgemäßen Ende, noch weit seltener entgehen die überaus leicht zerstörbaren und löslichen Salze der spätern Vernichtung durch Erosion, und so geschieht es, daß ihr Vorkommen zu den überaus seltenen Ausnahmen gehört. Staßfurt ist bisher der einzige Ort, an welchem diese Salze in einer den Abbau lohnenden Weise sich finden, und infolgedessen hat sich um die dortigen Gruben eine außerordentlich große und wichtige chemische Industrie gruppiert[1]. Auch Steinsalz kommt bei Staßfurt in großen Massen vor und wurde früher, ehe man die wahre Natur und die Wichtigkeit der Abraumsalze erkannt hatte, allein abgebaut; doch kann sich seine Menge hier bei weitem nicht mit dem über alle Vorstellung reichen Salzstocke von Sperenberg bei Berlin messen. Schon lange kannte man hier das Vorkommen von Gips, und der Umstand, daß unter den an der Oberfläche gelegenen Gipslagern der norddeutschen Ebene häufig Salz auftritt, gab Veranlassung, an dieser Stelle eine Tiefbohrung vorzunehmen. Schon nach kurzer Zeit wurde reines Steinsalz erbohrt, man setzte die Operation fort, in immer größere Tiefen drang der Bohrer ein, das Vorhandensein eines Salzstockes von geradezu fabelhafter Größe war ermittelt, und so hätte die Operation abgebrochen werden können. Im Interesse der Wissenschaft entschloß sich jedoch die preußische Regierung, den Versuch noch weiter fortzusetzen, und so wurde hier das tiefste Bohrloch in dem größten Salzlager der Erde niedergetrieben; bei 1550 m Tiefe wurde die Bohrung aufgegeben, nachdem eine Mächtigkeit von 1460 m an reinem Steinsalze durchsunken war.

Die Ausbildung der permischen Formation, wie wir sie hier kennen gelernt haben, hat in Deutschland bedeutende Verbreitung, sie beginnt im Nordwesten in Westfalen, sie hat ihre klassische Entwickelung im Harze, im Mansfeldischen und am Kyffhäuser; weiterhin nimmt sie samt den begleitenden Eruptivgesteinen namhaften Anteil an dem Aufbaue des Thüringer Waldes und erstreckt sich bis Altenburg und Gera. Außerdem finden wir dieselbe in Schlesien, bei Löwenberg und Goldberg und am Nordrande des Lausitzer Gebirges bei Görlitz wieder, ferner im Frankenwalde bei Kronach und Stockheim.

In andern Gegenden Deutschlands sind zwar permische Ablagerungen ebenfalls vertreten, aber hier fehlen die marinen Glieder, es ist nur Rotliegendes vorhanden. Man könnte hier ebenso wie in der Kohlenformation paralische und limnische Entwickelung unterscheiden, nur mit dem Unterschiede, daß bei ersterer Ausbildung die marinen Schichten im Karbon die untere, im Perm die obere Hälfte der Formation bilden. Besonderes Interesse erhält diese Parallele dadurch, daß auch wenigstens in den großen Hauptzügen die geographische Verbreitung eine korrespondierende ist; sind Kohlenformation und Perm in Deutschland in einer und derselben Region vorhanden, so folgt gewöhnlich über paralisch

---

[1] Auch bei Kalusz in Galizien kommen in der dem Tertiär angehörigen Salzlagerstätte Abraumsalze in großer Mächtigkeit vor, aber unter ungünstigen Verhältnissen, so daß ihre Ausbeutung nicht lohnt.

entwickelten Karbonablagerungen paralisches Perm, dessen obere Hälfte mariner Zechstein bildet, während in den Binnenbecken der Kohlenformation auch dem Perm der Zechstein zu fehlen pflegt. So haben wir Zechstein in Westfalen, am Harze, in Schlesien, wo auch marine Glieder der Kohlenformation auftreten, während im Saargebiete, in Sachsen und Böhmen, wo der Kohlenkalk fehlt, die Permformation nur durch Rotliegendes vertreten ist, und analoge Verhältnisse zeigen sich auch in England.

Wenn wir die Veränderungen während des jüngern Teiles der paläozoischen Periode von diesem Gesichtspunkte aus betrachten, so finden wir für einen namhaften Teil von Europa die folgenden Verhältnisse: Zu Beginn der Kohlenformation ist ein großer Teil des Gebietes Meer, den Rest nimmt festes Land ein, in dem erstern Areale lagern sich Kohlenkalk und Kulm ab, in dem letztern die flözführenden Schichten des untern Karbon. Dann zieht sich das Meer stark zurück, oder nach andrer Auffassung erfolgen bedeutende Hebungen in den Gegenden, die vorher Meeresgrund gewesen waren, kommen paralische, in den andern limnische Flöze zur Ablagerung. Mit dem Übergange zur Permzeit tritt in den meisten Distrikten eine Änderung im Charakter der Sedimente ein, es beginnen große Ausbrüche porphyrischer Gesteine, welche großenteils das Material für die Bildung des Rotliegenden liefern, das Verhältnis zwischen Meer und Land aber bleibt annähernd dasselbe. Um die Mitte der permischen Zeit aber greift das Meer wieder um sich, das Land beginnt wieder unterzutauchen, und dieselben Niederungen, welche zu Anfang der Kohlenformation vom Salzwasser bedeckt waren, werden jetzt vom Zechsteinmeere überflutet, während die höher gelegenen Regionen, die Binnenregionen der Karbonformation, auch jetzt nicht vom Meere überflutet werden.

Eine ausschließliche Binnenentwickelung finden wir zunächst im Saargebiete, das, wie oben bemerkt, einen überaus allmählichen Übergang von der Kohlenformation zu dem darüber befindlichen Rotliegenden zeigt. Hier treten neben grauen Schieferthonen und Sandsteinen auch im Karbon schon vielfach rote Ablagerungen auf, ebenso verhält es sich im untern Teile des Rotliegenden, in welchem jedoch die Kohlenflöze nur in spärlicher Menge und geringerer Mächtigkeit vorkommen; auch im mittlern Rotliegenden herrscht noch dieselbe Mischung der Farben, bauwürdige, größere Kohlenflöze sind nicht mehr vorhanden, aber erst im obern Rotliegenden fehlen dieselben ganz, und die lebhaft rote Farbe der Gesteine wird eine allgemeine.

Weiter im Süden, im Odenwalde, im Schwarzwalde und in den Vogesen[1], tritt das Rotliegende für sich allein auf. Nur ganz isoliert, z. B. am Neckar bei Ziegelhausen, gegenüber Heidelberg, erscheinen überaus schwache Spuren von Zechstein. In ähnlicher Weise finden wir im erzgebirgischen Becken in Sachsen das Rotliegende allein entwickelt, nur an wenigen Stellen von Andeutungen des Zechsteines begleitet. Ein so inniger Zusammenhang mit dem Kohlengebirge wie bei Saarbrücken ist hier nicht vorhanden, die Konglomerate, Sandsteine und Thone des roten Gebirges heben sich scharf ab, neben den genannten Gesteinen treten nur stellenweise permische Kohlenflöze und Schieferthone auf, die nur geringe Bedeutung erlangen, und dasselbe gilt von den Kalkeinlagerungen, die keine Marinfossilien enthalten, sondern eine interessante Fauna von Amphibien, die wir durch die Arbeiten von Credner, Geinitz und Deichmüller kennen gelernt haben.

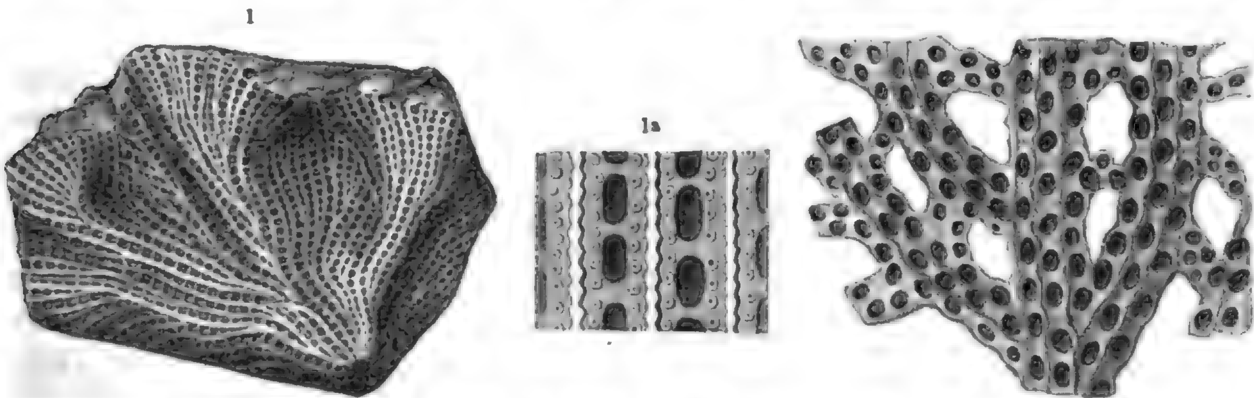
In Böhmen finden wir wieder stellenweise eine überaus innige Verbindung von Karbon-

[1] Die Verbreitung der permischen Ablagerungen in den Vogesen ist eine viel geringere, als man früher annahm; der sogenannte Vogesensandstein hat sich als echter Buntsandstein der Trias erwiesen. Die angebliche Hebung des Gebirges nach Ablagerung des Vogesensandsteines und vor Bildung des Buntsandsteines hat nicht stattgefunden, die betreffenden Erscheinungen erklären sich durch ein Absinken von Teilen des Gebirges an Bruchlinien.

und Permschichten, so daß man sich über die Grenzziehung noch nicht allgemein hat einigen können; die untern Teile zeigen in manchen Gegenden graue Schieferthone und Kohlenflöze; auch paläontologisch ist die Entwickelung eine ganz allmähliche, sowohl was die Pflanzen als die merkwürdige Amphibienfauna anlangt, die wir schon bei Besprechung der Kohlenformation erwähnt haben. Außerdem aber finden sich die typischen Ablagerungen des Rotliegenden in Verbindung mit gewaltigen Porphyreruptionen hier sowohl als in Mähren.

An die typische deutsche Entwickelung schließt sich diejenige in England am innigsten an; auch hier haben wir eine Zweiteilung, eine untere sandige und eine obere kalkige Stufe. Die erstere ist in manchen Gegenden schwer vom Kohlengebirge zu trennen und wird auch in der Regel von diesem nicht streng geschieden, dann aber treten rote Sandsteine und Mergel auf, dem deutschen Rotliegenden entsprechend, es folgt eine dünne Schicht bituminöser Schiefer, ähnlich den Kupferschiefern, und darüber Kalk und Dolomit (Magnesian limestone) mit Zechsteinfossilien.

Ziemlich nahe verwandt sind auch die Ablagerungen im östlichen Rußland, wo sie in den Gouvernements Perm, Orenburg, Kasan und Nishnij Nowgorod riesige



1. Kolonie von Fenestella retiformis, in natürlicher Größe. — 1a. Ein Stück derselben, vergrößert. — 2. Ein Stück von Synocladia virgulacea, vergrößert. (Nach F. Römer.) Vgl. Text, S. 204.

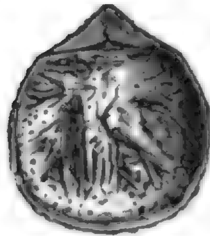
Flächen bedecken. In buntem Wechsel treten marine Kalke, Mergel, Konglomerate und Sandsteine auf, welche sowohl Meerestiere als Landpflanzen führen, Formen, die großenteils mit jenen Deutschlands übereinstimmen. Eine Gliederung in Rotliegendes und Zechstein läßt sich nicht erkennen, wohl aber hat man zwei Abteilungen unterschieden: eine untere fossilführende und eine obere, welche keine oder nur überaus seltene Versteinerungen enthält und wesentlich aus bunten Kalken, Thonen und Sandsteinen besteht; doch scheint es, daß diese letztere Stufe besser der Triasformation zugerechnet wird.

Wir haben damit die Betrachtung derjenigen Gegenden beendet, welche sich in ihrer Entwickelung mehr oder weniger eng an die in der Regel als Typus betrachtete mitteldeutsche Entwickelung anschließen; ehe wir uns der Schilderung andrer Vorkommnisse zuwenden, müssen wir die Tier- und Pflanzenwelt dieser Ablagerungen etwas näher verfolgen, ohne deren Kenntnis wir die Beziehungen zu den abweichenden Entwickelungsformen nicht verstehen können.

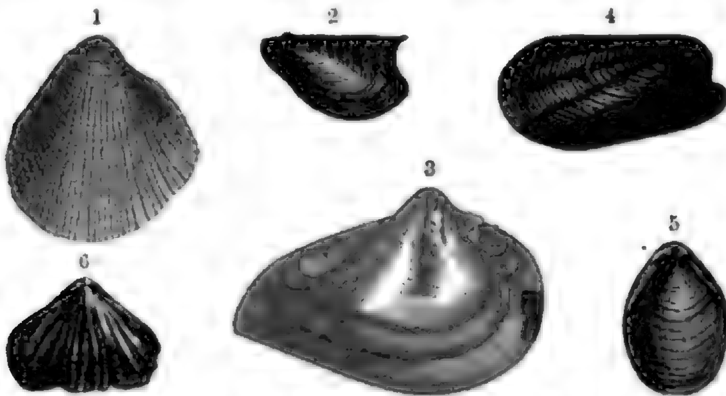
Die Fauna und Flora der sogenannten typischen Permbildungen ist von Geinitz zusammengestellt worden, und in neuerer Zeit sind dazu namentlich noch zahlreiche Amphibienreste gekommen, die wir schon oben kennen gelernt haben. Betrachten wir zuerst die Bevölkerung des Meeres, so tritt uns ein Bild der auffallendsten Ärmlichkeit entgegen. Außerordentlich geringe Artenzahl ist ein erster Charakter der Zechsteinfauna, und überdies sind es fast lauter kleine, dürftige Formen, nur ganz wenige neue oder eigentümliche Gattungstypen; es ist, wenn auch die Arten nicht dieselben sind, doch der generischen

Beziehung nach eine aufs äußerste verarmte Kohlenkalkfauna mit einzelnen Anklängen an jüngere Bildungen, die uns hier entgegentritt.

Foraminiferen sind spärlich vorhanden und enthalten keine für die paläozoische Periode charakteristische Form; Schwämme sind fast gar nicht vertreten, Korallen überaus dürftig, unter den Echinodermen ist eine einzige Art von Krinoiden bekannt, welche zu der paläozoischen Gattung Cyathocrinus gerechnet wird, ferner wenige Seeigel, die, soweit ihre Reste eine genaue Bestimmung erlauben, mit einer einzigen zweifelhaften Ausnahme zu paläozoischen Typen gehören. Verhältnismäßig reich sind die Bryozoen, welche sich jenen des Kohlenkalkes sehr nahe anschließen und durch die starke Vertretung der Fenestelliden in auffallendem Kontraste zu der mesozoischen Entwickelung stehen (s. Abbildung, S. 203). Die Brachiopoden sind im Vergleiche zu den meisten andern Abteilungen gut vertreten, aber doch ist auch das nur ein schwacher Abglanz der wunderbaren Formenmenge in silurischen, devonischen und karbonischen Ablagerungen. Am wichtigsten sind die Produktiden, und der schöne große Productus horridus mit seinen bisweilen erhaltenen gewaltigen Stacheln bildet das wichtigste Leitfossil des Zechsteines (s. Abbildung, S. 146), während die mit dicht stehenden, kurzen, struppig-borstigen Stacheln versehene Strophalosia (s. obenstehende Abbildung), ein wahres Bild der Ungekämmtheit, zu den wenigen für Zechstein bezeichnenden Gattungen gehört. Von andern sehr bezeichnenden Zechsteinbrachiopoden sind etwa noch die Gattung Camarophoria, ferner Spirifer striatus und Terebratula elongata zu nennen.


Strophalosia Goldfussi, aus dem Zechsteine Thüringens.

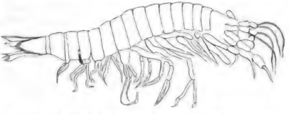
Nicht ganz unbedeutend ist die Zahl der Muscheln und Schnecken, meist ziemlich charakterlose, unansehnliche Formen, bei welchen der paläozoische Charakter nicht stark hervortritt, und von denen Schizodus obscurus, Pseudomonotis speluncaria und Gervillia ceratophaga als geologisch wichtig genannt werden (s. nebenstehende Abbildung). Die Cephalopoden sind auf drei oder vier Arten von Nautilus und Orthoceras beschränkt. Rechnen wir dazu noch wenige Krebse und Fische, so ist damit die Fauna der besprochenen permischen Marinbildungen erschöpft. Noch auffallender als durch diese kurze Übersicht der Tierwelt geht die überraschende Dürftigkeit daraus hervor, daß die europäische Zechsteinfauna nur wenig mehr als 200 Arten geliefert hat, obwohl die Ablagerungen sehr viel und seit sehr langer Zeit durchsucht worden sind.



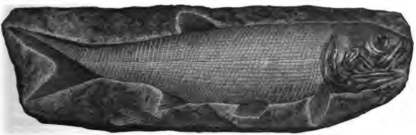
Konchylien aus dem Zechsteine Thüringens. (Nach Geinitz.)
1. Pseudomonotis speluncaria. — 2. Gervillia ceratophaga. — 3. Schizodus obscurus. — 4. Pleurophonus costatus. — 5. Terebratula elongata. — 6. Camarophoria Schlotheimi.

Verhältnismäßig etwas reicher ist die Bevölkerung der Binnenablagerungen; eine Anzahl von Krustaceen, darunter die merkwürdige Gattung Gampsonychus (s. Abbildung, S. 205 oben), Insekten, unter welchen, wie in der Kohlenformation, die Schaben oder Blattinen die Hauptrolle spielen, finden sich an verschiedenen Lokalitäten. Die Fisch- und Amphibienfauna, bei deren ersterer allerdings eine scharfe Grenze zwischen marinen und limnischen Formen kaum gezogen werden kann, ist sogar eine ziemlich reichliche zu nennen. Sowohl der Kupferschiefer als das Rotliegende haben zahlreiche Ganoiden oder Schmelzschupper, namentlich aus den Gattungen Palaeoniscus (s. Abbildung, S. 205 unten),

Amblypterus und Platysomus, geliefert, zu denen sich noch die letzten Vertreter der seltsamen Gattung Acanthodes gesellen. Die Amphibien sind durch die früher besprochene Ordnung der Stegocephalen vertreten, deren Charakter wir schon kennen; die permischen Kalke vom Ölberge bei Braunau in Böhmen, von Niederhäßlich im Plauenschen Grunde bei Dresden, einigen Lokalitäten in Thüringen und Frankreich haben diese interessanten Reste geliefert, namentlich aber ist als einer der merkwürdigsten Fundorte der Thoneisenstein des mittlern Rotliegenden von Lebbach bei Saarbrücken zu nennen. Hier treten Schieferthone auf, welche in großer Menge nierenförmige Konkretionen von Thoneisenstein aufweisen, und jede von diesen umschließt eine Versteinerung, welche offenbar als Ausscheidungsmittelpunkt für die Geode diente; zerschlägt man diese Knollen, so findet man bald einen Koprolithen, einen fossilen Kotballen, bald einen Pflanzenteil, oft einen Fisch, häufig aber auch Teile des prachtvollen Archegosaurus Decheni, eines in seiner äußern Erscheinung einem Krokodile ähnelnden Tieres, das bisweilen eine Größe von fast 2 m erreicht zu haben scheint. In außerordentlicher Anzahl hat man Exemplare in allen Wachstumsstadien gefunden, von den kleinsten Tieren mit kurzem, breit dreieckigem Kopfe bis zu den ausgewachsenen Individuen mit langgestrecktem Schädelbaue.



Gampsonychus, vergrößert, aus dem Rotliegenden Böhmens. (Nach A. Fritsch.) Vgl. Text, S. 204.



Palaeoniscus Freieslebeni, aus dem Kupferschiefer. (Nach Römer.) Vgl. Text, S. 204.

Als die höchst organisierten Typen der permischen Formation finden sich endlich Reptilien[1], deren einziger sicherer Vertreter bis heute Proterosaurus Speneri ist, ein sehr seltenes Vorkommnis der Kupferschiefer, das oft, aber mit Unrecht, zu den Eidechsen gerechnet wird. Diese merkwürdige Form, die zunächst äußerlich an die Monitoren oder Warneidechsen erinnert, vereinigt Merkmale, welche zum Teile den Eidechsen, zum Teile den Krokodilen, zum Teile der ausgestorbenen Abteilung der Dinosaurier zukommen, und stellt in ausgezeichneter

[1] Die oft sich wiederholenden Angaben über zahlreiche Reptilien in Kohlen- und Permformation beziehen sich meist auf Stegocephalen. Palaeosaurus und Thecodontosaurus aus den Dolomitkonglomeraten von Bristol sind vermutlich triadisch.

Digitized by Google

Weise einen Sammeltypus dar, er scheint der gemeinsamen Stammform jener drei Abteilungen nahezustehen.

Die Flora der Permformation zeigt, namentlich in der untern Hälfte der Ablagerungen, außerordentlich viele Übereinstimmung mit derjenigen der Kohlenformation, wenn auch manche Verschiedenheiten zu bemerken sind. Kalamiten, Lepidodendren und Sigillarien finden sich auch hier, doch treten sie viel weniger in den Vordergrund als in den Karbonablagerungen, während Farne und Nadelhölzer weit stärker entwickelt sind; namentlich unter den letztern finden sich Typen, wie Walchia und Ulmannia, die sehr charakteristisch für die Permformation sind. Die letztere Gattung ist namentlich im Kupferschiefer heimisch, der wie die ganze obere Hälfte der Formation in den Pflanzenfossilien von dem typischen Rotliegenden sehr beträchtlich abweicht. Die wichtigsten paläozoischen Pflanzentypen, wie Lepidodendron, Sigillaria, Annularia, Sphenophyllum rc., sind verschwunden, dafür treten manche Formen auf, welche lebhaft an solche der mesozoischen Zeit, der Trias, erinnern. Es geht das so weit, daß E. Weiß sagen konnte, der große Wendepunkt zwischen paläozoischer und mesozoischer Flora falle nicht mit der gewöhnlich angenommenen Grenze zwischen paläozoischen und mesozoischen Formationen zusammen, sondern die Pflanzentypen der oberpermischen Ablagerungen zeigen schon vorwiegend den Charakter der neuen Entwickelung. Wir sehen, daß die Umgestaltung marinen Tierlebens und jene der Landvegetation hier nicht gleichen Schritt halten, und wenn wir die Bewohner des Landes und des Meeres in andern Formationen vergleichen, so finden wir wiederholt, daß die großen auffallenden Abschnitte in der Entwickelung beider nicht zusammenfallen. Diese merkwürdige Erscheinung stellt jedoch durchaus kein unlösbares Rätsel dar; an sich muß schon vorausgesetzt werden, daß die Bewohner beider Medien sich durchaus unabhängig voneinander entwickeln, es gibt nur wenige gemeinsame Faktoren, welche gleichmäßig auf die einen wie auf die andern zu wirken im stande wären. Vor allem aber müssen wir berücksichtigen, daß die scharfen Grenzen zwischen sehr voneinander verschiedenen, aufeinander folgenden Faunen oder Floren keine allgemeine Gültigkeit zu haben pflegen, daß sie in der Regel nur lokal von Bedeutung sind. Die Wendepunkte in der Entwickelung sind in der Regel nicht Folgen einer besonders intensiven Umgestaltung, sondern sie sind der Einwanderung einer neuen Bevölkerung aus einem andern Bildungsraume zuzuschreiben. Wenn z. B. durch eine geologische Veränderung der Isthmus von Suez und die Sinaihalbinsel verschwänden, so würde aller Wahrscheinlichkeit nach ein breiter Strom von Einwanderern aus dem Roten Meere ins Mittelmeer vordringen, es wäre ein Wendepunkt in der Faunenentwickelung dieses letztern gegeben, die Flora der umgebenden Länder aber würde kaum eine Veränderung erfahren. Ja, wir können jetzt sehr gut einsehen, warum große lokale Umänderung von Land- und Meeresbewohnern nicht gleichzeitig stattfindet: die geologischen Veränderungen, welche für die Meeresbevölkerung neue Kommunikationen öffnen, isolieren die Landbewohner, in dem ersonnenen Beispiele würden Asien und Afrika voneinander getrennt, und ebenso verhält es sich umgekehrt. Würden Asien und Nordamerika vereinigt, so wäre die Beringsstraße, die Kommunikation zwischen Eismeer und Stillem Ozeane, gesperrt, und dieses Verhältnis dürfte, wie Sueß gezeigt hat, in vielen Fällen die Hauptursache der Ungleichmäßigkeit der beiden Entwickelungen sein.

In unserm Falle allerdings haben wahrscheinlich andre Einflüsse gewirkt. Wir haben oben gesehen, daß ein ganz ähnlicher Vorgang wie in Europa auf der Grenze zwischen unterm und oberm Perm sich in andern Gegenden, in Australien, Indien und im südlichen Afrika, schon weit früher abgespielt hat. Hier ist die alte, durch das Vorkommen der Sigillarien, Lepidodendren rc. charakterisierte Pflanzengesellschaft schon um die Mitte der Karbonzeit verschwunden und eine andre an ihre Stelle getreten, welche sich an die ältern

mesozoischen Typen Europas anschließt. Diese ältere Verschiebung des Florencharakters war, wie gezeigt wurde, überall von deutlichen Spuren von Eiswirkung begleitet, die auf die Herrschaft kälterer Temperatur und ihren Einfluß auf jenen Vorgang schließen läßt. Es liegt nun naturgemäß die Vermutung nahe, daß die Verdrängung der alten und das Erscheinen der neuen Flora auch in unsern Gegenden derselben Ursache, dem Eintritte rauherer Temperatur, zuzuschreiben sei, die sich von jenem ersten Zentrum aus allmählich weiter ausbreitete. In der That hat man auch im Rotliegenden von Thüringen und England an einigen Punkten große, teilweise geschrammte Blöcke, allerdings nicht in solcher Menge und Verbreitung wie in den Talchirschichten von Indien oder in den Eccakonglomeraten von Afrika, gefunden, und man hat auch hier aus ihrem Vorkommen auf die Wirkung von Eis geschlossen. Wohl hat man dagegen eingewendet, daß die Schrammen und Kritzen durch spätere, nach der Ablagerung erfolgte Verschiebungen und Rutschungen hervorgebracht seien. Aber diese Deutung ist wenig wahrscheinlich, da, deren Richtigkeit vorausgesetzt, derartige Erscheinungen weit allgemeiner und häufiger in den verschiedensten Ablagerungen auftreten müßten und nicht auf bestimmte Horizonte beschränkt sein könnten.

Während wir in den permischen Ablagerungen Europas Spuren von Eiswirkung finden, scheinen solche in den gleichalterigen Bildungen in Indien und Südafrika nicht mehr vorhanden zu sein, wohl aber wird deren Anwesenheit für Australien aus den sogenannten Hawksburyschichten und aus den Bacchus-Marsh-Schichten beschrieben, welche mit unsern europäischen Permbildungen in Parallele gebracht werden. Wir können aus solchen Anhaltspunkten schließen, daß das Ende der paläozoischen Zeit von der Mitte der Kohlenformation an bedeutende klimatische Änderungen vermutlich auf der ganzen Erde hervorbrachte, daß wir es mit einer Periode niedriger Temperatur zu thun haben, die sich in verschiedenen Regionen zu verschiedener Zeit geltend machte, ohne daß wir aus den immerhin noch geringen Anhaltspunkten die Einzelheiten des Vorganges genauer festzustellen im stande wären. Mit sehr großer Wahrscheinlichkeit aber können wir behaupten, daß das Verschwinden einer großen Anzahl alter Pflanzentypen und die gewaltige Ausbreitung andrer mit diesen Änderungen der klimatischen Verhältnisse zusammenhängen. Wie weit sich ein solcher Einfluß auch auf die Tierwelt geltend machte, namentlich auf diejenige des Meeres, ist eine schwierige Frage, die wir noch nicht entscheiden können.

Wir haben anfangs nur die permischen Ablagerungen von Mitteleuropa etwas näher ins Auge gefaßt und dabei auch kurz die verbreitetsten Vorkommnisse in Rußland besprochen. Wenn diese Entwickelung aber auch den Ausgangspunkt für das Studium der Formation gebildet hat und daher oft als die normale betrachtet wird, so kann das letztere keinesfalls in dem Sinne gelten, wie wir ihn sonst anzuwenden gewohnt sind. Aus Gründen, die früher eingehend besprochen wurden, behandelt man als die typischen Vertreter der einzelnen Formationen die weitverbreiteten fossilreichen Marinbildungen, und unser ganzes stratigraphisches System gründet sich auf die Reihenfolge dieser. Im Perm haben wir bisher nur Binnenablagerungen und die marinen Sedimente des Zechsteines mit ihrer verarmten, aus irgend einem Grunde äußerst dürftig entwickelten Bevölkerung kennen gelernt, und vergebens suchen wir in den bisher besprochenen Gegenden nach einer Bildung von hoch marinem Charakter oder auch nach einer normalen Litoralfauna. Lange Zeit hindurch waren solche überhaupt ganz unbekannt, und man dachte, daß die permische Zeit einen vollständigen Niedergang des marinen Lebens mit sich gebracht habe; heute wissen wir allerdings, daß das nicht der Fall ist, aber noch sind die Gebiete, aus denen wir eine reichere Entfaltung kennen, beschränkt genug. Jedenfalls müssen wir diese kennen lernen und dabei im allgemeinen einen Blick auf die Entwickelung der permischen Bildungen in verschiedenen Teilen der Erde werfen.

Sehr verbreitet sind hierher gehörige Vorkommnisse in der alpinen Region; mächtige Massen von Konglomeraten, die häufig aus Porphyrbruchstücken bestehen und unter den Lokalnamen Verrucano und Servino bekannt sind, ferner große Massen undeutlich geschichteter roter Sandsteine (Grödner Sandsteine) sind hier die wesentlichsten Vertreter, die schon lange bekannt waren, ohne daß man wegen des Mangels an Versteinerungen eine sichere Entscheidung hätte treffen können, ob dieselben der Trias oder dem Perm angehören. Erst später wurden durch Sueß Funde permischer Pflanzenformen in dem Verrucano von Val Trompia bekannt und damit der erste bestimmte Nachweis für das Vorkommen der Formation in den Alpen geliefert. Diesem Komplexe gehören auch die mächtigen Eruptivmassen von Quarzporphyr in Südtirol an, und namentlich die gewaltige Porphyrplatte von Bozen stellt eine Einlagerung in den permischen Schichten dar. Anderwärts in den Südalpen scheinen kristallinische und subkristallinische Schiefer unsre Formation zu vertreten, während stellenweise versteinerungsführende Marinbildungen vorhanden sind. Nach Stache müssen die jüngsten Fusulinenkalke in Kärnten und Krain hierher gerechnet werden, die von den karbonischen Ablagerungen durch keine feste Grenze getrennt werden können und auch in ihrer Fauna sich diesen eng anschließen; doch finden sich auch gewisse permische Typen, die sich aber den gleichalterigen Formen Amerikas mehr als denjenigen des europäischen Zechsteines anzuschließen scheinen.

Die Mannigfaltigkeit der Gesteinsausbildung und des Charakters ist zu groß, als daß wir alle hierher gehörigen Vorkommnisse der Alpen aufzählen könnten; nur ein sehr wichtiger Horizont muß noch erwähnt werden, der Bellerophonkalk. Es sind das mächtige, meist schwarze oder dunkelgraue, seltener gelbe Kalke und Dolomite, welche im südlichen Tirol und in Friaul über dem Grödner Sandsteine und unter der untern Trias liegen. Der Grödner Sandstein enthält in seinen obersten Lagen stellenweise eine Flora des obern Perm, welche mit derjenigen der mitteldeutschen Kupferschiefer nahe übereinstimmt, und der Bellerophonkalk kann demnach nur dem obersten Perm oder der untersten Trias entsprechen. Derselbe enthält eine rein marine Fauna, von der bis jetzt etwas über 100 Arten größtenteils durch Stache bekannt geworden sind, während Gümbel die mikroskopischen Formen der Foraminiferen und Schalenkrebse beschrieben hat. Die Zahl der Formen ist bisher noch keine sehr große, doch kann dies nicht überraschen, da man diese Ablagerungen erst in neuerer Zeit näher beachtet und eine eigentlich systematische Ausbeutung ihrer Fossilien noch nicht stattgefunden hat; überdies ist das Gestein sehr zäh und schwierig zu bearbeiten und setzt der Gewinnung und Präparierung der an sich nicht günstig erhaltenen Fossilien sehr große Schwierigkeiten entgegen; nach diesen Verhältnissen darf man wohl urteilen, daß hier in Wirklichkeit eine sehr reiche Marinfauna vorhanden ist, die wir allerdings noch sehr unvollständig kennen. Zunächst heben sich mehrere schöne, reichverzierte Arten von Nautilus hervor, welche sich sowohl an Formen des Kohlenkalkes als auch an solche der alpinen Trias anschließen; unter den Schnecken sind zahlreiche Vertreter der ausschließlich paläozoischen Gattung Bellerophon zu nennen, bei den Muscheln zeigen einzelne, allerdings ziemlich indifferente, Arten viele Ähnlichkeit mit solchen des Zechsteines, ganz besonders aber tragen die Brachiopoden durch die Menge der Spiriferiden, durch das Auftreten von Produkten, Streptorhynchen rc. paläozoisches Gepräge. Allerdings ist die verhältnismäßig geringe Zahl der sonst für jüngere paläozoische Bildungen ganz besonders bezeichnenden Produktiden auffallend, und vereinzelt finden sich auch unter den Brachiopoden und Schnecken Formen von ganz ausgesprochener Ähnlichkeit mit jüngern Typen der Trias; solchen nähern sich auch nach Gümbel die Foraminiferen und Ostrakoden ganz entschieden, obwohl das vereinzelte Vorkommen einer Fusulina auch hier an die paläozoische Entwickelung mahnt.

Diese Fauna ergibt ebensowenig wie die Lagerung eine genaue Altersbestimmung; alle sicher deutbaren Arten sind neu, und daher ist ein ganz präziser Vergleich mit andern Ablagerungen nicht möglich. Da der allgemeine Charakter weit mehr Anklänge an paläozoische als an mesozoische Typen zeigt, so liegt die Vermutung nahe, daß die Bellerophonkalke noch der permischen Formation angehören, und da sie hier, wie erwähnt, nur deren obersten Partien entsprechen können, so werden sie vielfach als in ganz andrer Art entwickelte, dem offenen Ozeane angehörige Äquivalente des mitteldeutschen Zechsteines betrachtet. Allein es zeigt sich noch eine andre Möglichkeit. Wir kennen von der marinen Entwickelung der untersten Trias noch überaus wenig, und es ist daher auch die Annahme gerechtfertigt, daß wir es mit einer der noch unbekannten Marinfaunen dieser Zeit, wohl mit der ältesten unter ihnen, zu thun haben. Eine Entscheidung, welche dieser beiden Auffassungen die richtige sei, ist heute noch nicht möglich, und wir müssen auf neue Thatsachen warten, um ein endgültiges Urteil fällen zu können.

In andern Gegenden der alpinen Region und Südeuropas überhaupt treten mehrfach permische Ablagerungen auf, die aber meist sehr arm an Fossilien sind, und nur aus Sizilien kennt man einige Arten, welche nach Mojsisovics Andeutungen einer permischen Ammonitenfauna liefern.

In Armenien finden sich sehr fossilreiche Ablagerungen bei Djulfa am Araxes, deren Fauna durch Abich beschrieben worden ist; vor allem sind hier die Brachiopoden in großer Menge entwickelt, und namentlich die Gattung Productus zeigt eine geradezu verwirrende Mannigfaltigkeit. Einige der Typen schließen sich innig an Arten des Kohlenkalkes an, in erheblich größerer Zahl aber finden sich Formen, welche mit solchen der permischen Ablagerungen teils genau übereinstimmen, teils sehr nahe verwandt sind. Dazu kommen, abgesehen von einigen minder wichtigen Vorkommnissen, wie Korallen, einzelnen Echinodermen, Schnecken &c., namentlich noch einige Orthoceren, mehrere Nautilen, vor allen aber Ammonitiden, von denen wir außerdem bisher nur spärliche Vorkommnisse aus Sizilien erwähnen konnten; bei einzelnen Arten finden wir hier die Kammerscheidewände noch im Goniatitenstadium, kräftiger aber tritt eine Gruppe mit viel höherer Entwickelung der Suturen hervor, indem die Loben an ihrem Grunde energisch gezackt sind: sie stehen im sogenannten Ceratitenstadium. In ihrer Gesamtheit schließen sich die Formen weit inniger an die jüngern Vorkommnisse der Trias als an solche der Kohlenformation an.

Analoge Ammonitiden permischen Alters sind durch Verneuil von Artinsk am Fuße des Urals beschrieben worden, und später ist durch russische Geologen, namentlich durch Stuckenberg, gezeigt worden, daß im nordöstlichen Rußland, z. B. in dem Gebiete des Petschoraflusses, eine permische Marinfauna auftritt, welche mit derjenigen des Zechsteines oder der gleichalterigen Ablagerungen in südlichern Teilen von Rußland viele Verwandtschaft zeigt, aber nicht in demselben Maße verarmt und dürftig erscheint, und welche mehr Beziehungen als diese zu der ältern Kohlenkalkfauna besitzt.

Analoge Verhältnisse hat Toula aus Spitzbergen geschildert; dort treten sehr brachiopodenreiche Bildungen auf, in welchen sich permische Formen mit solchen des Kohlenkalkes mengen, ja die letztern haben hier das Übergewicht. Auch in den westlichen Teilen von Nordamerika, zumal in Nebraska, zeigen sich ähnliche Bildungen, über welche namentlich Geinitz, Marcou und Meek berichtet haben; hier folgen über Schichten mit einer Marinfauna der obersten Kohlenformation jüngere Ablagerungen mit einer ähnlichen Mengung karbonischer und permischer Typen, unter welchen jedoch die letztern entschieden vorherrschen.

In China treten nach Kaysers Untersuchungen an dem von F. v. Richthofen gesammelten Materiale ebenfalls ähnliche Ablagerungen auf. Weitaus die wichtigsten Vorkommnisse dieser Art finden sich im nordwestlichen Teile von Vorderindien, im obern

Pandschab; hier treten im Salzgebirge (Salt Range) südlich von Peschawar die sogenannten Productus-Kalke auf, eine ziemlich mächtige Ablagerung, welche auf den oben geschilderten karbonischen Bildungen mit vom Eise transportierten Geschieben (vgl. oben, S. 194) aufliegen. Diese letztern gehören der obern Kohlenformation an, die Productus-Kalke müssen also jünger sein, und zwar gehört deren unterste Abteilung nach Waagen, dem wir eine sehr eingehende Bearbeitung dieses wichtigen Gegenstandes verdanken, noch dem obersten Karbon an, sie enthält noch massenhafte Fusulinen, und auch sonst überwiegt der Kohlenkalktypus. Der mittlere und obere Teil des Productus-Kalkes dagegen zeigt ein andres Gepräge und muß entschieden als permisch erklärt werden. Hier tritt uns zum erstenmal eine sehr reiche permische Marinfauna entgegen, wie sie von keinem andern Punkte in ähnlicher Fülle bekannt ist, und die mit ihren Hunderten von Arten zu den reichsten Lokalfaunen der paläozoischen Zeit gerechnet werden kann und nur von wenigen, z. B. von der böhmischen Silur-Etage E_1, übertroffen wird. Wir müssen dabei bedenken, daß der Productus-Kalk in einem entlegenen Winkel des Pandschab liegt, wo die Lagerstätte nicht in einer Weise ausgebeutet werden konnte, wie das im Herzen von Europa zu geschehen pflegt, wo eine Anzahl von Sammlern ihr ganzes Leben hindurch die Umgebung ihres Wohnortes ausbeuten. Mit Gewißheit können wir sagen, daß bei einer ähnlichen, Jahrzehnte hindurch systematisch fortgesetzten Bemühung die Fauna der Salt Range noch ganz außerordentlich an Artenzahl zunehmen würde.

Weitaus das dominierende Element bilden die Brachiopoden und unter ihnen wieder die Gattung Productus mit einer Formenmenge, die von wenigen andern Ablagerungen erreicht wird. Neben ihnen spielen Muscheln, Schnecken, Korallen, Foraminiferen eine wichtige Rolle, und bei genauer Betrachtung findet man auch hier eine merkwürdige Mischung von Elementen der Kohlenformation und des Zechsteines, doch überwiegen die letztern einigermaßen. Besonders großes Interesse nehmen die Cephalopoden in Anspruch: neben Nautilen, die sich ebensowohl an Formen des Kohlenkalkes wie an solche der Trias anschließen, neben Orthoceren, Gyroceren ꝛc. treten namentlich Ammoniten hervor, deren Loben eine sehr viel höhere Entwickelung bekunden, als sie irgendwo in der Kohlenformation zu finden ist, ein Umstand, der in der entschiedensten Weise für die Einreihung der Productus-Kalke in das Perm spricht.

Als die Ammonitiden des Productus-Kalkes näher bekannt wurden, erregte die Art und Weise ihres Vorkommens viel Aufsehen. Lange Zeit hindurch war die Ansicht verbreitet gewesen, daß die sogenannten Goniatiten auf die paläozoische Periode beschränkt, daß die Ceratiten, bei denen nur die Enden der Loben gezahnt sind, für die Trias charakteristisch seien, während in Jura und Kreide die Ammoniten im engern Sinne, die Formen mit rings gezackten Loben, allein herrschend sein sollten. Wohl waren zahlreiche Abweichungen von dieser Regel bekannt, so daß sie als längst widerlegt gelten konnte; vor allem hatte die Trias eine Menge Ammoniten mit rings gezackten Loben geliefert. Es war auch der Wert dieser Merkmale ein verhältnismäßig viel geringerer, als man ursprünglich angenommen hatte. Aber trotzdem war das Vorurteil zu gunsten jener alten Regel unbegreiflicherweise vielfach tief eingewurzelt, so daß es von größtem Interesse war, als Waagen im Jahre 1871 in der Salt Range in einer wenig mächtigen, beschränkten Bank sogenannte Ceratiten und Ammoniten in Gesellschaft einer paläozoischen Brachiopodenfauna antraf.

Während wir hier im nördlichen Indien eine reiche marine Fauna sehen, begegnen wir etwas weiter südlich, auf der Indischen Halbinsel, einer reinen Binnenentwickelung. Wie oben gezeigt wurde, ist hier ein außerordentlich mächtiges Schichtensystem, die sogenannte Gondwanagruppe, vorhanden, welche an Fossilien nur Landpflanzen und vereinzelte Landtiere zeigt. Die unterste Abteilung dieser Gondwanagruppe, welche die

vom Eise transportierten Blöcke enthält und mit dem Namen der Talchirschichten bezeichnet wurde, gehört dem obern Teile der Kohlenformation an, die über ihnen folgenden Damudaschichten können mit großer Wahrscheinlichkeit als die Äquivalente unsrer europäischen Permbildungen betrachtet werden. Es sind das mächtige Ablagerungen von Sandsteinen und Schiefern, welchen bedeutende Kohlenflöze und Eisensteinlager eingeschaltet sind, und die in ökonomischer Beziehung fast dieselbe Bedeutung für Indien haben wie die Steinkohlenformation für Europa, Nordamerika oder China. Außer vereinzelten Spuren von Stegocephalen aus der auch in Europa auftretenden Gattung Archegosaurus haben sich keinerlei Tierreste in diesen Ablagerungen gefunden, wohl aber eine außerordentlich große Fülle von Pflanzen. Der Charakter der Flora ist der Hauptsache nach derselbe, wie wir ihn schon in den Talchirschichten und in den gleichalterigen Ablagerungen Australiens kennen gelernt haben. Alle bezeichnenden Typen der ältern Karbonflora fehlen auch hier, die größte Rolle spielen Farnkräuter mit ungeteilten Blättern und eng netzförmiger Nervation, wie Glossopteris und Gangamopteris, etwas seltener sind Schachtelhalme, während Sagopalmen und Nadelhölzer nur spärlich vertreten sind. Eine ganz ähnliche Pflanzengesellschaft liegt in Australien in den Hawksbury- und Bacchus-Marsh-Schichten, welche hier ebenfalls deutliche Spuren von Eiswirkung zeigen, vor. Auch in Südafrika treffen wir ähnliche Verhältnisse, die sogenannte Karooformation vertritt hier den obern Teil der Kohlenformation, das Perm und die Trias; doch ist es vorläufig noch unmöglich, auch nur einigermaßen genau einzelne Abteilungen dieser Gruppe mit Ablagerungen andrer Gegenden zu parallelisieren und die Grenze zwischen paläozoischen und mesozoischen Schichten festzustellen. Namentlich bilden hier die merkwürdigen Wirbeltierreste, vor allen die große Menge seltsamer Reptilien, eine Schwierigkeit; ein großer Teil derselben gehört jedenfalls schon der Trias an, aber die Möglichkeit, daß solche hier auch schon in permischen Ablagerungen in größerer Zahl sich finden, ist in keiner Weise ausgeschlossen. Wir gehen auf die Einzelheiten in dieser Richtung hier nicht ein, die merkwürdigen Wirbeltierformen der afrikanischen Karooformation werden wir im Zusammenhange bei der Trias besprechen.

Wir haben die permische Formation in ihren wichtigsten Vertretern kennen gelernt, und es bleiben nur wenige Fragen zu erörtern, deren Verständnis von Wichtigkeit ist. Unter den verschiedenen Marinfaunen dieses Abschnittes fällt die am längsten bekannte und am ausführlichsten beschriebene, diejenige des Zechsteines, durch ihre dürftige Bevölkerung auf, während andre Vorkommnisse, die Productus-Kalke des indischen Salzgebirges, die Ablagerungen auf Spitzbergen, Barents-Insel, im nordöstlichen Rußland, in Nebraska ꝛc., eine mehr oder weniger normale Marinentwickelung zeigen. Wenn wir nun diese beiderlei Typen miteinander vergleichen, so finden wir, daß die letztern Ablagerungen in ihrer Fauna sich sehr eng an die Vorkommnisse der Kohlenformation, teilweise auch an diejenigen der Trias anschließen und verhältnismäßig wenig Eigentümliches zeigen, während die ärmliche Zechsteinbevölkerung weniger solche Anklänge aufweist und einen bedeutendern Grad von Selbständigkeit besitzt.

Diese Erscheinung hängt jedenfalls bis zu einem gewissen Grade damit zusammen, daß der Zechstein nur die obere Abteilung der permischen Formation bildet, während anderwärts auch die tiefern Glieder in mariner Entwickelung auftreten, die dann naturgemäß mehr Verwandtschaft zu den karbonischen Vorkommnissen zeigen. Aber dieser Grund reicht für sich allein nicht zur Erklärung aus, und um die vorliegenden Verhältnisse zu verstehen, müssen wir uns etwas mit den äußern Umständen beschäftigen, unter welchen die Ablagerung des Zechsteines stattgefunden hat. Die Tiergesellschaft des Zechsteines ist nicht nur eine ärmliche schlechthin, sondern sie zeigt uns auch den Charakter einer verarmten Fauna, welche aus den Überresten einer ursprünglich reichen, aber unter dem Einflusse

ungünstiger äußerer Verhältnisse reduzierten Bevölkerung besteht. Wenn wir nach analogen Vorkommnissen suchen, so finden wir die größte Ähnlichkeit in Binnenmeeren, die mit dem offenen Ozeane nur in beschränkter Verbindung stehen, und deren Wasser etwas geringern als den normalen Salzgehalt besitzt. In der Jetztwelt zeigt, wie Fuchs dargethan hat, vor allem das Schwarze Meer dieselben Erscheinungen, allerdings in gesteigertem Maße, und es ist in hohem Grade wahrscheinlich, daß der Zechstein sich in einem solchen schwächer gesalzenen Binnenmeere gebildet hat. Daß in einem solchen räumlich abgesonderten und ungewöhnliche Lebensverhältnisse bietenden Becken die Tierwelt einen eigentümlichen Charakter annimmt, ist sehr begreiflich; dazu kommt noch, daß die großen und auffallenden Formen und die charakteristischsten Typen der Marinfauna dem Zechsteine fremd sind, während kleine und wenig bezeichnende Muscheln und Schnecken eine hervorragende Rolle spielen. Gerade diejenigen Organismenreste, welchen die Geologen die meiste Beachtung zuzuwenden, und unter welchen sie ihre Leitfossilien auszuwählen pflegen, fehlen also oder sind nur schwach vertreten, und es sind dafür vorwiegend solche Typen vorhanden, wie sie in reichern Ablagerungen die Augen wenig auf sich ziehen würden. Dadurch erscheint der Zechstein dem Kohlenkalke gegenüber fremder und selbständiger, als er in Wirklichkeit ist, während bei den hochmarinen Ablagerungen andrer Gegenden die Verwandtschaft viel auffallender ist.

Man hat allerdings auch andre Gründe für die geringe Formenmannigfaltigkeit und die dürftige Entwickelung der Zechsteinfauna angegeben; man hat angenommen, daß es sich darin nicht um eine örtliche, sondern um eine allgemeine Erscheinung, daß es sich um eine Erschlaffung der reichen Lebenskraft der paläozoischen Ära während des Perm handle, der dann eine Art Verjüngung, eine Regeneration, in der mesozoischen Zeit folgte. Diese Anschauung, welche mit der Kataklysmentheorie in innigem Zusammenhange steht, war schon an sich wenig wahrscheinlich, sie ist aber vollends unhaltbar geworden, seitdem die überreiche Versteinerungsmenge des indischen Productus-Kalkes bekannt geworden ist.

In den permischen Bildungen des indischen Salzgebirges, des nordöstlichen Rußland 2c. sehen wir die normale Marinentwickelung der permischen Formation vor uns, und in der reichlichen Beimengung von Typen, welche an solche des Kohlenkalkes erinnern, ist nach dem eben Gesagten durchaus keine abnorme Erscheinung gegeben, und ebensowenig ist es gerechtfertigt, diese Ablagerungen als Vertreter eines gesonderten tiefern Horizontes zu betrachten, der als sogenanntes Permokarbon eine Zwischenstufe zwischen beiden Formationen bildet.

Die nahen Beziehungen der beiderseitigen Faunen haben manche Geologen veranlaßt, die permischen Schichten als ein einfaches Anhängsel der Kohlenformation zu betrachten und sie als jüngstes Glied dieser letztern einzuverleiben, und es ist wohl notwendig, die Berechtigung dieses wenigstens in rein formeller Hinsicht wichtigen Vorschlages zu prüfen. Sachliche Bedeutung allerdings kommt allen solchen Verschiebungen des Systemes nicht zu, die Reihenfolge der Schichten und der Faunen und ihr gegenseitiges Verhältnis bleiben dieselben, wie man auch die Grenze ziehen mag. Man hat für eine solche Änderung und für die Vereinigung des Perm mit dem Karbon verschiedene Gründe angeführt, z. B. die außerordentlich enge Verbindung, in welcher in manchen Gegenden, im Saarbecken, in Böhmen 2c., die Schichten beider Formationen stehen. Aber mit demselben Rechte kann man darauf hinweisen, daß ebenso gegen oben in manchen Gegenden das Rotliegende unmerklich in den der Trias zugehörigen Buntsandstein übergeht, wie das in Sachsen und in England der Fall ist; hier hat man ja seit den ältesten geologischen Untersuchungen Perm und Trias als ein zusammengehöriges Ganze, als die Formation des neuen roten Sandsteines, betrachtet. Ebenso sind auch alle Argumente hinfällig, die man aus der Ähnlichkeit der Pflanzen aus dem untern Rotliegenden mit jenen der Kohlenformation abgeleitet hat, da auf der andern Seite die oberpermische Flora des Kupferschiefers sich aufs innigste an diejenige der Trias anschließt.

Es sind wesentlich nur zwei Anhaltspunkte, auf die man sich stützen kann, um die Einziehung des Perm zu verteidigen: die Ähnlichkeit der Meeresfauna mit derjenigen des Karbon und die geringe Bedeutung der ganzen Formation. Daß eine derartige Verwandtschaft mit dem Karbon wirklich vorhanden ist und wenigstens in einigen Tierklassen hervortritt, wird niemand bestreiten, und es gilt das namentlich für die Brachiopoden und wegen der Häufigkeit der Gattung Bellerophon auch für die Schnecken; für die Muscheln kann eine solche Behauptung nicht aufgestellt werden, für Korallen und Echinodermen sind die Anhaltspunkte zur Beurteilung der Frage noch zu gering, doch scheinen die Karbontypen zu dominieren; dagegen finden wir ein entschieden andres Verhältnis bei den Cephalopoden und speziell bei der wichtigsten Abteilung derselben, bei den Ammoniten, die bekanntlich allgemein als eine der bedeutsamsten Gruppen bei allen Fragen der geologischen Altersbestimmung betrachtet werden. Sie schließen sich in ihrem Typus ganz vorwiegend an Formen der Trias an; kein Paläontolog, dem z. B. die Ammoniten des indischen Productus-Kalkes ohne weitere Daten über ihr Lager und die mit vorkommenden Versteinerungen vorgelegt worden wären, hätte Bedenken getragen, sie als Angehörige der untern Trias anzusprechen. Auch diejenigen von Djulfa in Armenien zeigen, wenn auch nicht so ausschließend, doch vorwiegend triadischen Charakter, während unter den Vorkommnissen von Artinsk &c. in Rußland das paläozoische Element, ohne zu dominieren, doch stärker hervortritt.

Es muß auffallen, daß man hier zu so abweichendem Resultate gelangt, je nachdem man eine oder die andre Abteilung des Tierreiches, etwa Brachiopoden oder Cephalopoden, ins Auge faßt; dieses Verhältnis ist ganz vorwiegend darin begründet, daß wir aus dem untern Teile der Trias gar keine, aus den höhern Schichten nur verhältnismäßig wenige Brachiopoden kennen, und wenigstens was die äußerste Armut der untern Trias anlangt, verhält es sich ähnlich mit den Schnecken, Echinodermen, Korallen &c., während eine ansehnliche Zahl von Ammoniten von hier bekannt geworden ist. Abgesehen von diesen letztern, fehlen uns die nötigen Vergleichspunkte, und wenn einmal reiche Brachiopodenfaunen der untern Trias in der sogenannten Buntsandsteingruppe gefunden sein werden, dann wird es sich gewiß zeigen, daß auch in dieser Richtung das Perm ebenso viele verwandtschaftliche Beziehungen nach oben wie nach unten hat. Wollte man also heute wegen der größern Ähnlichkeit der Permfauna mit der karbonischen eine Vereinigung beider Formationen vornehmen, so würde das nicht dem wirklich in der Natur bestehenden Verhältnisse entsprechen, sondern nur dem, wie wir sicher wissen, der Wirklichkeit nicht entsprechenden momentanen Stande unsrer Kenntnis Ausdruck geben. Jeden Tag kann die Nachricht eintreffen, daß in irgend einer bisher noch ungenügend untersuchten Gegend eine Brachiopodenfauna des Buntsandsteines gefunden worden ist, und dann werden alle jene Argumente ihren Wert verlieren, und dasselbe ist der Fall, wenn sich die sehr plausible Ansicht bestätigt, daß die Bellerophonkalke der Südalpen der untern Trias angehören.

Ähnlich verhält es sich mit der Anschauung, daß die permischen Ablagerungen einen zu kurzen Zeitraum, einen zu unbedeutenden Abschnitt in der Erdgeschichte vertreten, um als selbständige Formation gelten zu können. Aus der dürftigen Entwickelung in Europa können wir überhaupt noch gar kein Urteil ableiten, wie viele aufeinander folgende Faunen das Perm repräsentiert, und die auswärtigen Bildungen kennen wir zu einem solchen Zwecke noch viel zu wenig. Allerdings führt man an, daß die normalen Marinfaunen des Perm überall nicht nur eine beträchtliche Anzahl von verwandten Typen, sondern auch von vollständig übereinstimmenden Arten mit dem Kohlenkalke gemein haben, was auf sehr geringe Selbständigkeit hinweist. Allein auch hierin liegt eine Täuschung; die gemeinsamen Arten sind ganz vorwiegend Brachiopoden, welche durch gewisse Eigentümlichkeiten in hohem

Grade ungeeignet erscheinen, richtige Schlüsse über derartige Fragen zu gestatten. Die meisten Formen derselben zeigen nämlich innerhalb einer und derselben Schicht einen überaus hohen Grad von Veränderlichkeit und Unbeständigkeit, während sich sehr oft ein und derselbe Typus durch sehr lange Zeiträume ohne bedeutende dauernde Umgestaltung erhält. Es ist das gerade das Gegenteil derjenigen Eigenschaften, welche eine Form haben soll, um für die geologische Orientierung von Wert zu sein, um ein gutes Leitfossil darzustellen.

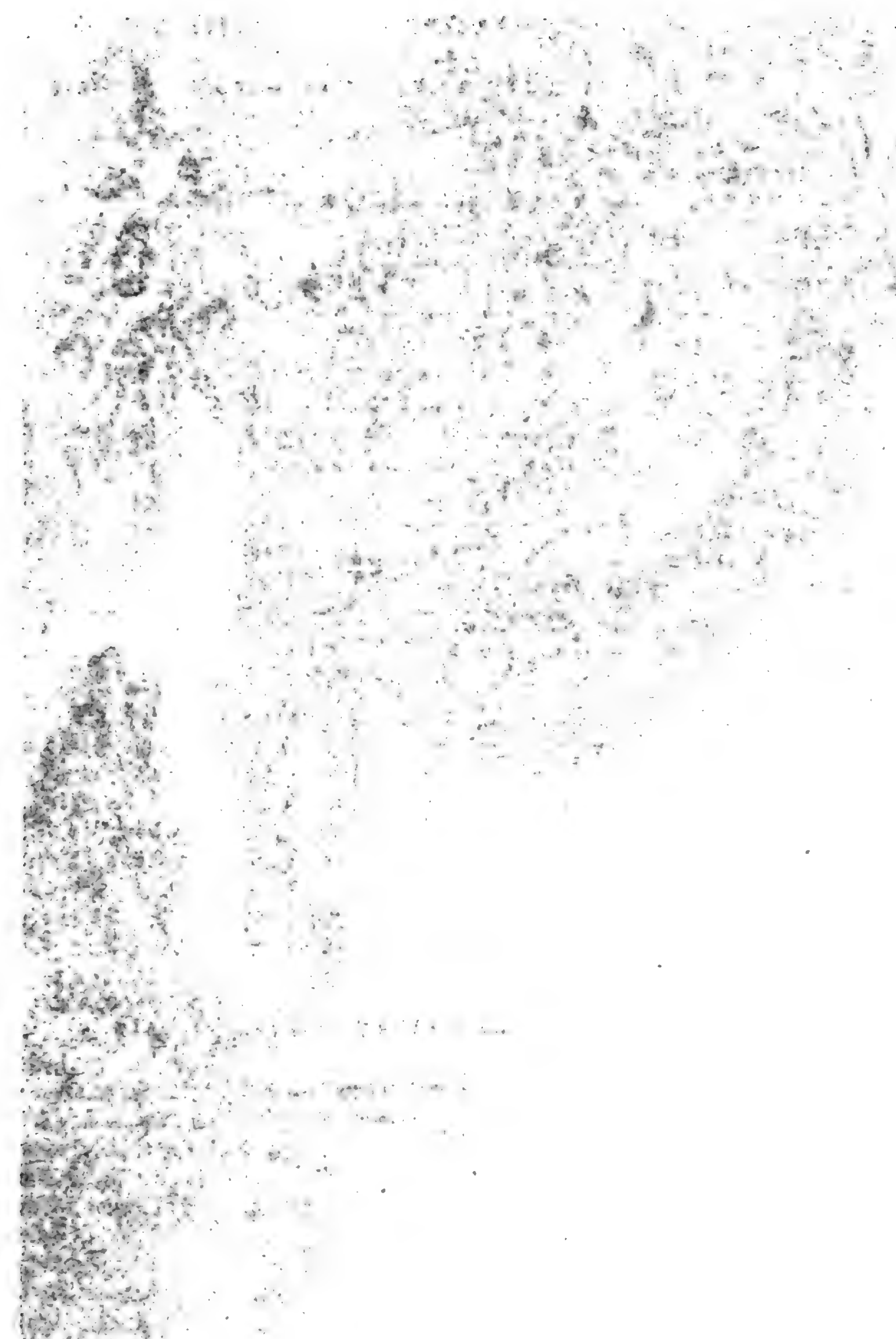
Mit diesem Verhalten der Brachiopoden haben sich nun verschiedene Paläontologen in verschiedener Weise abzufinden gesucht; die einen haben außerordentlich weite Formengebiete in eine Art zusammengezogen, und diese kann dann natürlich durch eine bedeutende Zahl aufeinander folgender Horizonte verfolgt werden; andre Forscher dagegen haben nach an sich geringfügigen Merkmalen die veränderlichen Formengebiete in zahlreiche Arten gesondert, welche dann in der Regel geringe geologische Verbreitung besitzen. Eine Brachiopodenart kann also, je nach der Auffassung, sehr verschiedene Werte repräsentieren. Gerade bei der Bearbeitung der Kohlenkalk- und Zechsteinbrachiopoden hat man sich durchgängig einer ganz außerordentlich weiten Fassung des Artbegriffes bedient, während z. B. bei den Vorkommnissen aus Jura und Kreide in der Regel das entgegengesetzte Verfahren Platz gegriffen hat. Würde man z. B. die Brachiopoden der mesozoischen Formationen in derselben Weise behandeln, wie das bei den karbonischen geschehen ist, so würde es durchaus nicht schwer fallen, eine Reihe von Arten aufzuführen, welche fast der ganzen Jura- und Kreideformation gemeinsam sind, ja durch das Tertiär bis in die Jetztzeit sich erstrecken (Typus der Terebratula biplicata, der Terebratula nucleata, der Terebratulina substriata und andre). Wollte man dagegen die karbonischen und permischen Brachiopoden mit dem Maße messen, das im Jura und in der Kreide gebräuchlich ist, so würde die Zahl der gemeinsamen Arten sehr stark zusammenschrumpfen.

Es ist hier nicht unsre Aufgabe, zu untersuchen, welche der beiden paläontologischen Methoden mehr wissenschaftliche Berechtigung hat; uns genügt, zu wissen, daß es äußerliche Momente sind, die große Menge der Brachiopoden in den näher untersuchten Ablagerungen und die bei deren Studium angewandte Methode, auf denen die große Zahl der dem Kohlenkalke und dem Perm gemeinsamen Arten beruht, und mit dieser Erkenntnis fällt auch der letzte und gewichtigste Grund für die Vereinigung des Perm mit der Kohlenformation weg.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so ergibt sich, daß unsre Kenntnis der jüngsten paläozoischen und der ältesten mesozoischen Ablagerungen und Faunen noch viel zu gering ist, um das Verhältnis derselben mit voller Sicherheit beurteilen zu können; die Sache ist durchaus nicht spruchreif, und die Bedeutung der für die Vereinigung von Kohlenformation und Perm angeführten Gründe ist von manchen Seiten stark überschätzt worden. Unter diesen Umständen scheint heute eine Änderung und Abweichung von der hergebrachten Einteilung durchaus ungerechtfertigt. Wenn dies für den einzelnen Fall gilt, so gibt es außerdem noch andre wichtige Motive, eine Veränderung der herkömmlichen Formationseinteilung gerade für das jetzige Entwickelungsstadium des geologischen Wissens als durchaus unzweckmäßig abzulehnen. In früherer Zeit nahm man ziemlich allgemein an, daß die einzelnen Formationen in der Natur fest begründete, scharfe Abschnitte darstellen, und daß die Grenze zwischen je zweien derselben mit wichtigen Veränderungen in den physikalischen und geographischen Verhältnissen wie in der Bevölkerung zusammenfällt. Damals war es, wenn hinreichende Gründe vorhanden schienen, eine wichtige und bedeutungsvolle Sache, die Berechtigung einer Gruppe als eigne Formation nachzuweisen, es war ein sachlicher Fortschritt, die Zahl der selbständigen Abschnitte einer Revision und Besichtigung zu unterziehen. Die jetzige Richtung der Geologie sieht in der ganzen geologischen Reihenfolge eine ununterbrochene und

LANDSCHAFT DER TRIASPERIODE

Digitized by Google



zusammenhängende Entwickelung und sieht in den Formationen wie in den andern Abteilungen des Systemes nur künstliche Schnitte, die auf örtliche Veränderungen im mitteleuropäischen Gebiete begründet und später willkürlich auch auf die übrigen Teile der Erde übertragen worden sind. Es fehlt uns heute, streng genommen, an einem Anhaltspunkte für eine rationelle Gliederung in Formationen, die sich auf allgemeine, von der Natur gegebene Kennzeichen und Merkmale stützt. Es läßt sich nicht leugnen, daß die neuere Geologie bis jetzt in dieser Richtung keine schöpferische Kraft bewährt hat: sie hat das Alte zerstört und wohl mit Recht zerstört, aber sie hat nichts Positives an die Stelle zu setzen gewußt. Wohl aber läßt sich heute die Möglichkeit absehen, daß es mit dem Fortschritte der Wissenschaft gelingen werde, durch Berücksichtigung der großen Meerestransgressionen oder andrer allgemeiner Veränderungen in den physikalisch-geographischen Verhältnissen wieder zu einer festen Grundlage in dieser Richtung zu gelangen. Dann werden sich vielleicht Veränderungen in der geologischen Einteilung als zweckmäßig ergeben; in dem heutigen Übergangsstadium an dieser zu rütteln, wäre entschieden ein Fehler.

---

4. Die Triasformation.

(Hierzu die beigeheftete Tafel „Landschaft der Triasperiode".)

Inhalt: Die mesozoische Periode. — Die Binnenentwickelung der Trias. — Die alpine pelagische Entwickelung der Trias. — Weitere Verbreitung der Trias.

Die mesozoische Periode.

Die drei großen Formationen, Trias, Jura und Kreide, werden als das mittlere Zeitalter, als mesozoische Periode, zusammengefaßt; vollständige Übergänge zwischen allen diesen Ablagerungen und ihren Faunen sind bekannt, und die Pflanzen- und Tierwelt des ganzen Abschnittes zeigt manche wichtige gemeinsame Züge, welche eine derartige Zusammenfassung praktisch gerechtfertigt erscheinen lassen. Überblicken wir diese Periode als Ganzes, so finden wir in Fauna und Flora einige mächtig hervorragende Charakterzüge, die sie von spätern wie frühern Vorkommnissen streng unterscheiden und dem Leben der damaligen Zeit ein ganz eigentümliches Gepräge verliehen.

Weitaus die hervorstechendste Erscheinung bildet die enorme Entwickelung und Verbreitung der Reptilien, von deren damaliger Menge und Verschiedenartigkeit die überlebenden Reste dieser Tierklasse in der Jetztzeit uns nur eine sehr dürftige Vorstellung geben. Während heute nur noch vier Ordnungen derselben vorhanden sind, die Krokodile, Eidechsen, Schlangen und Schildkröten, kennen wir aus der mesozoischen Zeit etwa zwölf verschiedene Ordnungen, welche damals zu Lande wie im Wasser die Herren der Schöpfung waren. Säugetiere und Vögel spielten nur eine sehr untergeordnete Rolle, die Stellen, welche diese jetzt im Haushalte der Natur innehaben, fielen damals den Kriechtieren zu, die neben vielen kleinen Formen eine Menge riesiger Ungeheuer umfaßten. Die Krokodile der heißen Gegenden sind die letzten schwachen Epigonen jener häßlichen Kolosse, von denen die damalige Schöpfung wimmelte. Im Meere vertraten sie die Stelle der Walfische; die Ichthyosaurier mit delphinartigem Körper, mit nackter Haut und mächtigem knöchernen Augenringe, die Plesiosaurier und ihre Verwandten, Tiere mit kurzem, gedrungenem Körper, mit enorm langem Schwanenhalse und kleinem Kopfe, die riesigen Mosasauriden, deren langgestreckter Leib an die fabelhafte Seeschlange erinnert, kräftig gepanzerte Krokodile: das waren die gestrengen Herren der See, deren Gefräßigkeit und Schnelligkeit keine Beute

sich so leicht entziehen konnte. Zu Lande bildeten den auffallendsten Zug die Dinosaurier, die zum großen Teile, wie die Känguruhs, auf zwei Beinen einherschritten und sich auf den mächtigen Schweif stützten; neben kleinen Tieren, die kaum eine Höhe von 30 cm erreichten, bewegten sich auch schwerfällige Riesen auf den Hinterbeinen durch die dichten Wälder, deren Blattwerk ihre Nahrung bildete, während andre durch ihre dolchartigen Zähne sich als grimmige Räuber zu erkennen gaben. Andre gingen auf allen vieren, und unter ihnen befinden sich die riesigsten Landtiere, die je auf Erden gelebt haben, und neben denen ein Elefant sich etwa ausnehmen würde wie ein Kalb neben einem Rhinozeros. Wir können uns von diesen Kolossen kaum eine Vorstellung machen, von Tieren, die bei etwa 12 m Höhe 18 m Länge besaßen, ja von denen einzelne, namentlich der angeblich 36 m lange Atlantosaurus, sogar noch bedeutend größere Dimensionen erreichten und an Volumen einem ziemlich ansehnlichen Hause gleichkamen. Andre allerdings hatten minder seltsames Aussehen, Eidechsen und Schildkröten von nicht eben fremdartiger Gestalt gehörten zum kleinen Getiere, während an Stelle der nur spärlich vertretenen Vögel die über alle Beschreibung häßlichen Pterodaktylen mit ihren mächtigen Flughäuten durch die Luft glitten. Die meisten unter ihnen waren nicht sehr groß, aber einzelnen, die sich in der Kreideformation Nordamerikas gefunden haben, wird eine Flügelspannweite von 5 m zugeschrieben.

Wohl ist die Mannigfaltigkeit der mesozoischen Reptilien damit noch bei weitem nicht erschöpft, aber das Gesagte wird genügen, um eine annähernde Vorstellung des dominierenden Teiles der damaligen Bevölkerung zu geben. Von Landbewohnern sind außerdem noch mächtige Amphibien zu nennen, die Stegocephalen oder Labyrinthodonten, deren Vorkommen aber auf die älteste unter den mesozoischen Formationen, die Trias, beschränkt ist. Von niedern Landtieren sind vor allen die Insekten von Bedeutung, unter denen Käfer, Libellen, Heuschrecken, Schaben, Wanzen eine bedeutende Rolle spielen, während Spinnentiere aller Art und Tausendfüße noch nicht gefunden worden sind. Rechnen wir dazu noch einige Lungenschnecken, so ist damit erschöpft, was wir von Landtieren der mesozoischen Zeit wissen. Die Vegetation, in deren Mitte sie lebten, war auch jetzt noch von blütenlosen Gewächsen zusammengesetzt, gewaltige Schachtelhalme, Baumfarne, Nadelhölzer und Sagopalmen bilden das einförmige Pflanzenkleid, und erst gegen Ende der mesozoischen Zeit, während der Kreideformation, tritt eine reiche Flora von Palmen und verschiedenartigen Dikotyledonenpflanzen hinzu. Damit gewinnt das Gewand der Kontinente an Farbe und Lebhaftigkeit. Wenn wir uns aber die Landschaft der mesozoischen Zeit vor dem Erscheinen der Blütengewächse vergegenwärtigen, so muß sie uns wenig ansprechend erscheinen: ein Land, von düsterm, eintönigem Walde bedeckt und bevölkert von Geschöpfen, deren scheußliche Form die wildesten Phantasien von Drachen und Lindwürmern noch übertrifft, und deren Anblick in freier Natur kein andres Gefühl als das des Schauders erwecken könnte.

Die Meeresbevölkerung trug keinen so auffallenden Charakter. Abgesehen von den schon erwähnten gewaltigen Reptilien, sind nur zwei sehr abweichende Typen der Cephalopoden, die Ammoniten und Belemniten, vorhanden, welche der Marinfauna der mesozoischen Zeit ein fremdartiges Gepräge verleihen; in allen andern Beziehungen ist es nur ein Mehr oder Weniger in der Entwickelung der einzelnen Ordnungen, kein durchgreifender Unterschied, welcher sich im Vergleiche zur heutigen Natur zeigt.

Wie gegen die Jetztzeit, so ist auch die Abweichung gegen die paläozoische Schöpfung eine sehr erhebliche, ja dieselbe tritt uns hier sogar in einer Weise auffallend und unvermittelt entgegen wie an keiner andern Stelle im ganzen Verlaufe der geologischen Geschichte. Wenn irgendwo, so scheint hier ein großer Abschnitt in der Entwickelung des Lebens in den bisher näher untersuchten Ländern gegeben. Eine große Lücke in der Überlieferung der alten Organismen tritt hier auf infolge der gewaltigen Entfaltung versteinerungsarmer,

roter Sandsteine im Perm und in der untern Trias, und die Gegensätze der beiderseitigen Marinfauna sind in hohem Grade auffallend.

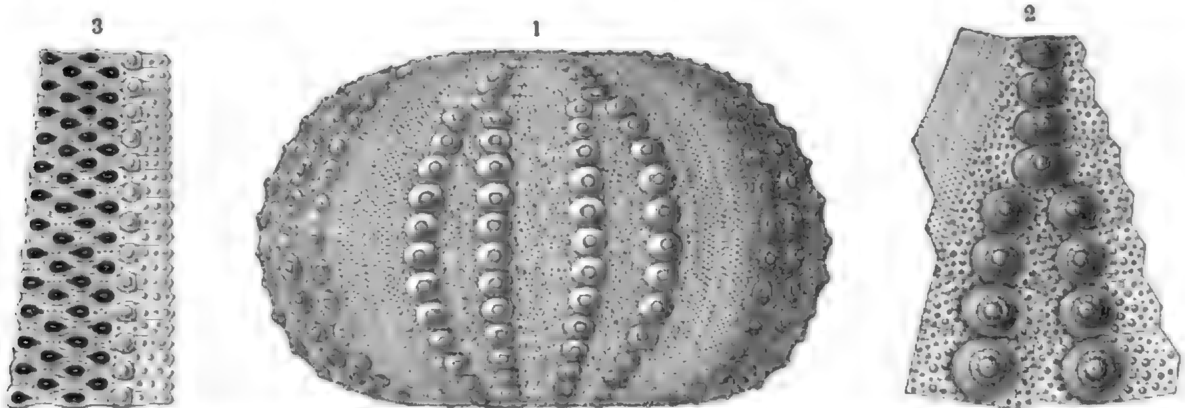
So zweckmäßig es auch ist, hier eine der großen Grenzlinien zu ziehen, so dürfen wir doch dabei nicht vergessen, daß ganz sicher nicht auf der ganzen Erde gleichzeitig die Bildung roter Sandsteinmassen vor sich gegangen ist, daß in andern Gegenden, die wir noch nicht kennen, sich reiche Marinbildungen entwickelt haben müssen. Allerdings kann die Frage aufgeworfen werden, ob jene Herabminderung der Wärme, die wir in so vielen Gegenden gegen Schluß der paläozoischen Periode gefunden haben, nicht auch eine allgemeine, tiefgreifende Wirkung auf die Organismenwelt geübt hat und ihr ein wesentlicher Anteil an der Änderung in dieser Richtung zugeschrieben werden muß; in der That haben wir gesehen, daß das für die Landpflanzen der Fall gewesen zu sein scheint, und es ist sehr wahrscheinlich, daß ähnliche Wirkungen auch bei den Landtieren nachweisbar sein werden. Dagegen muß dies für die marinen Vorkommnisse zweifelhaft erscheinen. Wir wissen ja sehr genau, daß der Einfluß der diluvialen Eiszeit auf die Meeresbewohner jedenfalls ein verschwindend kleiner war, daß einige Verschiebungen der Wohnsitze, aber keine irgend nennenswerte Umgestaltung der Formen nachweisbar ist, und eine Nötigung zu der bezeichneten Annahme ist nicht vorhanden, da wir die Armut der Ablagerungen auf andre Weise erklären können. Es ist sehr wahrscheinlich, daß mit der Zeit die Kluft überbrückt werden und uns dann die Abgrenzung von mesozoischer und paläozoischer Zeit ebenso künstlich erscheinen wird wie irgend eine der andern Grenzlinien, z. B. zwischen Kambrium und Silur, zwischen Silur und Devon ꝛc.

Ja, selbst unter den heutigen Verhältnissen ergibt sich die Scheidung bei genauer Betrachtung durchaus nicht als so präzis, wie man in der Regel annimmt. Der Kontrast der Meeresfauna ist in der That sehr groß, aber wohl nur darum, weil wir zeitlich sehr weit voneinander entlegene Ablagerungen miteinander vergleichen müssen; die Fauna des Zechsteines ist viel zu arm, um hier irgend einen Ausschlag zu geben, anderseits zeigen die reichern permischen Ablagerungen andrer Gegenden einseitige Faciesentwickelung, und ihre Fauna ist noch nicht vollständig bekannt. In manchen Abteilungen, z. B. bei Korallen und Echinodermen, müssen wir also bis in den Kohlenkalk zurückgehen, um eine nennenswerte Zahl paläozoischer Vertreter vergleichen zu können. Ganz ähnliche Verhältnisse finden wir in der untern Trias, die außer Ammoniten nur vereinzelte Arten von Muscheln und Schnecken geliefert hat, und selbst im Muschelkalke ist die Fauna noch eine arme und namentlich sehr einseitig entwickelte. Es sind also Kontraste zwischen den Bevölkerungen zeitlich weit voneinander entlegener Ablagerungen, die uns entgegentreten, nicht solche, die sich plötzlich an der Grenze zweier Formationen einstellen.

Mit Ausnahme von einigen wohl noch etwas zweifelhaften Foraminiferen überschreitet keine Art die Grenze zwischen paläozoischer und mesozoischer Periode, so daß sie beiden gemeinsam ist. Aber auch in den größern Abteilungen sind einige ganz auffallende Gegensätze; unter den Pflanzen sind Annularien, Sphenophyllen, Sigillarien und Lepidodendren verschwunden, an ihre Stelle treten echte Schachtelhalme in größerer Zahl, zahlreiche Nadelhölzer und Cykadeen oder Sagopalmen. Aber wie schon oben gezeigt wurde, ist für die Flora der Hauptwendepunkt in Europa nicht auf der Grenze zwischen Perm und Trias, sondern während der permischen Formation, indem die Flora des Kupferschiefers und einiger ihm gleichstehender Lokalitäten in Ungarn und in den Südalpen sich schon derjenigen des Buntsandsteines, des untersten Gliedes der Trias, nähert; ja, in Indien, Südafrika und Australien findet dieses Ereignis schon während der Kohlenformation statt.

Im Tierreiche werden zahlreiche und überaus wichtige Unterschiede genannt. Unter den Foraminiferen ist nur das Verschwinden der Fusulinen hervorzuheben. Die Schwämme liefern keine nennenswerten Differenzen, dagegen werden dieselben bei den Korallen als

überaus wichtig und durchgreifend bezeichnet. Wir haben oben bei Besprechung des Silur gesehen, daß hier und, soweit hinlänglich genaue Untersuchungen vorhanden sind, in der ganzen paläozoischen Zeit die sogenannten Tetrakorallien mit symmetrischem, vierzähligem Baue vorhanden sind, in der mesozoischen Periode dagegen treten an ihre Stelle die Hexakorallien mit sechszählig strahligem Baue. Hier scheint also ein Unterschied der wichtigsten und durchgreifendsten Art vorzuliegen, auf welchen sehr großer Wert gelegt wird; indes eine nähere Prüfung zeigt, daß für das Vorhandensein desselben nicht der leiseste Beweis vorhanden ist. Um den vierzähligen Bau der Tetrakorallien und den sechszähligen der Hexakorallien nachzuweisen, genügt in der Regel die Untersuchung der ausgewachsenen Exemplare nicht, sondern es sind dazu sehr minutiöse und oft sehr schwierige Untersuchungen des ersten Anfanges der Zellenbildung notwendig, die noch für keine permische und für keine triadische Koralle vorgenommen worden sind. Überhaupt ist von der Korallenfauna der beiden Grenzforma-



Tetracidaris, ein Kreideseeigel mit der Tafelzahl der paläozoischen Paläechinoiden. 1. Vollständiges Exemplar in natürlicher Größe. — 2. Stück eines Interambulacrums, schwach vergrößert. — 3. Stück eines Ambulacrums, stark vergrößert. (Nach Cotteau.)

tionen noch überaus wenig bekannt und die Behauptung, daß in der einen der vierzählige, in der andern der sechszählige Typus ausschließlich vorhanden sei, durchaus willkürlich und ungerechtfertigt.

Ähnliche Verhältnisse finden wir bei den Echinodermen; wohl reichen die beiden Abteilungen der Cystideen und Blastoideen nicht aus der paläozoischen in die mesozoische Zeit herüber, allein deren Erlöschen fällt nicht mit der Grenze der beiden Perioden zusammen, sondern sie sind schon vor dem Beginne der permischen Formation ausgestorben. Bei den Seeigeln soll die ganze Unterklasse der Paläechinoiden nur der paläozoischen Zeit eigen sein, während sie in der mesozoischen Periode durch die Euechinoiden ersetzt wird, welche durch die Zahl von 20 Tafelreihen in ihrem Gehäuse ausgezeichnet sind. Allein auch diese Regel finden wir nicht ausnahmslos bestätigt, indem schon aus permischen Ablagerungen ein Vertreter der Euechinoiden, eine Art der Gattung Hypodiadema, angeführt wird, während der triadische Tiarechinus die wesentlichen Charaktere eines paläozoischen Seeigels trägt und auch Tetracidaris aus der untern Kreide 30 Tafelreihen statt 20 aufweist (s. obenstehende Abbildung).

Ähnlich verhält es sich mit den Krinoiden, von denen die Paläokrinoiden ausschließlich paläozoisch, die Neokrinoiden ausschließlich mesozoischen oder jüngern Bildungen angehören sollen; indes gibt es überhaupt gar kein durchgreifendes Unterscheidungsmerkmal zwischen diesen beiden Abteilungen, und so verschieden auch typisch ausgebildete Vertreter beider voneinander sein mögen, so könnte man doch eine Reihe von Formen ebensogut zu der einen wie zu der andern Abteilung der Krinoiden rechnen. Entscheidend für die Stellung, die man einer Form anweist, ist schließlich das geologische Alter, und dann ist es natürlich nicht wunderbar, daß die geologische Verbreitung sich so scharf an die Formationsgrenze

hält. So ist Encrinus, die Hauptgattung der triadischen Krinoiden, viel näher mit der Kohlenkalkgattung Stemmatocrinus verwandt als mit irgend einer jüngern Form, und wenn sie nicht zufällig aus mesozoischen Ablagerungen stammen würde, so würde wohl kein Mensch Bedenken tragen, sie bei den Paläokrinoiden einzureihen.

Wirklich wesentliche Unterschiede ergeben sich bei den Molluskoiden, indem unter den Bryozoen die Fenestella-artigen Typen verschwinden und auch unter den Brachiopoden sehr bedeutende Differenzen hervortreten. Die Produktiden, die häufigsten und bezeichnendsten Armfüßler der Permformation, sind in der Trias bis auf eine Art der Gattung Productus verschwunden, und eine Reihe andrer sehr bezeichnender Permtypen, wie Camerophoria, Streptorhynchus, teilen dieses Schicksal; doch müssen wir bedenken, daß uns die Brachiopodenfauna der untern Trias total unbekannt ist, und daß sehr wahrscheinlich sich noch manche paläozoische Typen in dieser Zeit erhalten haben werden.

Bei den Mollusken verhalten sich die Muscheln ziemlich indifferent, bei den Schnecken bildet das Erlöschen der Gattung Bellerophon einen ausgeprägten Zug, welcher die Triasfauna von der permischen scheidet. Bei den Cephalopoden zeigen die Nautiliden einen Unterschied, indem die Gattungen Cyrtoceras und Gyroceras mit Schluß der paläozoischen Zeit auszusterben scheinen. Dagegen finden wir, daß die Ammonitenfaunen der permischen Ablagerungen von Djulfa in Armenien, von Artinsk in Sibirien und vor allen diejenige der Salt Range in Indien sich viel mehr der mesozoischen als der paläozoischen Ära anschließen, wie das namentlich bezüglich der Gattungen Arcestes, Medlicottia, Cyclolobus, Xenodiscus der Fall ist. Wenn es überhaupt gestattet ist, von einem Formenkontraste auf der Grenze zwischen der alten und neuen Entwickelung zu sprechen, dann muß die Ammonitenfauna der Permbildungen als eine entschieden mesozoische bezeichnet werden.

Die Wirbeltiere liefern wenig Material für die Beurteilung der Frage, nur das Auftreten der ersten Reptilien im Kupferschiefer kann als ein auffallendes Bindeglied zwischen paläozoischen und mesozoischen Faunen angeführt werden.

Diese flüchtige Übersicht wird genügen, um die Richtigkeit der hier vertretenen Ansichten darzuthun: die Entwickelung des Tierreiches war eine ununterbrochene und zusammenhängende, wirkliche Kontraste kommen in der Natur nicht vor, die Existenz solcher ist nur eine scheinbare, bedingt durch das lange dauernde Vorherrschen fossilarmer Sandablagerungen in den bisher näher untersuchten Gegenden. Diese Auffassung wird als richtig erwiesen durch den Umstand, daß eine kritische Betrachtung einen Teil der Gegensätze als nicht existierend erweist, während die übrigen Abweichungen nicht gleichzeitig, sondern die einen in einem höhern, die andern in einem tiefern Niveau eintreten. Dadurch werden alle die Argumente, die man aus dem Verhältnisse zwischen paläozoischen und mesozoischen Ablagerungen für die Katastrophentheorie ableiten wollte, in der klarsten Weise widerlegt.

Die Binnenentwickelung der Trias.

Die Trias, die älteste unter den drei großen mesozoischen Formationen, bildet in den zuerst untersuchten mitteleuropäischen Gebieten, was Gesteinsentwickelung und äußere Bildungsverhältnisse anlangt, die unmittelbare und nur unwesentlich abweichende Fortsetzung der permischen Ablagerungen. Es ist ein Schichtensystem von vorwiegend roten Sandsteinen und Mergeln mit einzelnen Einschaltungen von marinen Gliedern, von denen eine sehr bedeutend, die übrigen sehr untergeordnet sind. Der außeralpine Teil von Deutschland zeigt den bekanntesten Typus der Formation, welche hier zu unterst aus einer Sandbildung, dem Buntsandsteine, in der Mitte aus marinen Kalken, dem Muschelkalke, zu

oberst wieder aus Sandsteinen und bunten Mergeln, dem Keuper, besteht. Diese Dreiteilung hat zu dem Namen „Trias" Veranlassung gegeben, der allgemein verbreitet und angenommen ist, aber dem wahren Wesen der Formation nicht entspricht; denn die Dreizahl der Glieder läßt sich in dieser Weise, außer in Deutschland, nur in sehr beschränkten Nachbargebieten der Schweiz, Frankreichs und Galiziens verfolgen, sie bildet den Charakter einer durchaus abnormen Entwickelung, die sonst in keinem Teile der Erde wiederkehrt.

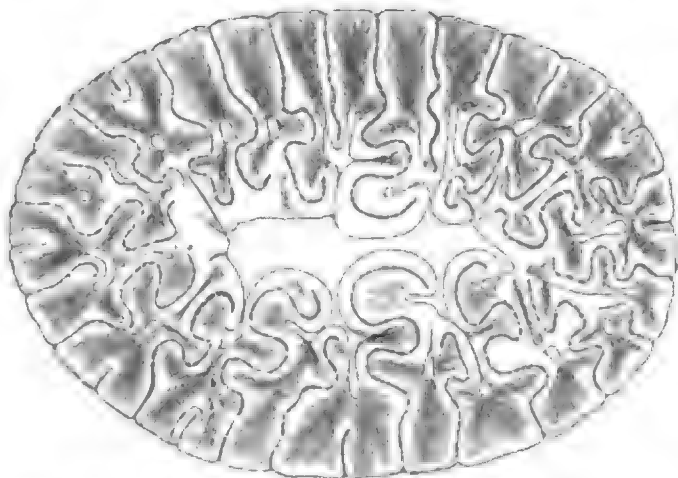
Das Studium ist von dieser Entwickelungsart ausgegangen, und begreiflicherweise strebte man bei der Ausdehnung der Forschung über weitere, anders gestaltete Gebiete, auf jenen Ausgangspunkt alle die neuen Erscheinungen zurückzubeziehen und die lokalen Eigentümlichkeiten des ursprünglichen Typus wiederzufinden. Ein solches sehr naheliegendes Verfahren kann schon in solchen Fällen nicht ohne große Vorsicht angewendet werden, in welchen die als Muster gewählte Ausbildungsart aus weitverbreiteten hochmarinen Sedimenten besteht; sie würde aber in einem Falle wie der vorliegende zu durchaus falschen Resultaten führen, und wir müssen uns daher vor dem Versuche hüten, die Triasbildungen von normalem marinen Typus in die Schablone des deutschen Beckens einzuzwängen. Trotzdem aber nehmen wir diese letztere Entwickelung in notwendiger Rücksicht auf den historischen Gang der Forschung zum Ausgangspunkte unsrer Betrachtung. Gerade auf einem Gebiete, dessen Kenntnis noch eine unvollständige, dessen Auffassung vielfach noch eine unfertige ist, würde eine einfache Darstellung des gegenwärtigen Standes in vielen Punkten ungenügend und unverständlich sein, wenn sie nicht die allmähliche Herausbildung derselben enthielte, sich nicht an den Weg anschlösse, auf welchem wir zu den jetzt verbreiteten Ansichten gekommen sind.

Voltzia heterophylla, aus dem Buntsandsteine. (Nach Fraas.) Vgl. Text, S. 221.

Die Trias nimmt im außeralpinen Deutschland einen sehr großen Flächenraum ein. Das Hauptverbreitungsgebiet bildet ein unregelmäßiges Viereck, dessen Ecken annähernd durch die Lage der Städte Osnabrück, Basel, Neumarkt (südöstlich von Nürnberg) und Halle an der Saale gegeben sind. Zwar sind die Seiten des Viereckes unregelmäßig geformt, einzelne bedeutende Vorsprünge andrer Gesteine, namentlich der Vogelsberg bei Frankfurt und der vortriadische Teil des Thüringer Waldes, ragen mächtig in diesen Raum hinein, ansehnliche Inseln andrer Materialien treten in demselben auf, während bedeutende Ausläufer, besonders die Triaszüge von Baireuth und Staßfurt, über denselben hinausgreifen; der Hauptsache nach aber haben wir hier ein geschlossenes Gebiet von mächtiger Ausdehnung, größer als dasjenige irgend einer andern Formation in Deutschland, mit Ausnahme der jungen Gebilde der norddeutschen Ebene. Ein zweites bedeutendes Triasgebiet, das allerdings teilweise nach Frankreich fällt, befindet sich auf dem linken Rheinufer,

dessen unregelmäßig geformte Grenzen in der Nähe der Städte Alzey, Saarbrücken, Trier, Gerolstein, Montmédy, Luxemburg, Nancy und Vesoul verläuft; es umfaßt den größern Teil der Vogesen und die östliche Umrandung des Pariser Beckens. Ein drittes ansehnliches Triasgebiet findet sich in Schlesien, um Tarnowitz, als Mittelpunkt.

Den untern Teil der Trias bildet der Buntsandstein, eine sehr mächtige Bildung von wechselnder Beschaffenheit. Teilweise sind es verschiedenfarbige, rote, weiße, rotbraune, gefleckte, grünliche, Sandsteine, die durch ihren Farbenwechsel den Anlaß zur Benennung dieses Gliedes gegeben haben; das Hauptgestein aber, welches im Schwarzwalde, im Odenwalde, in den Vogesen rc. vorwiegt, sind einfarbig dunkelrote Sandsteine, die in mächtigen, undeutlich gesonderten Bänken brechen, und bei denen die senkrechte Zerklüftung oft deutlicher als die Schichtung hervortritt. Sie liefern treffliches Quadermaterial, sie haben die Bausteine für das Heidelberger Schloß, für die Dome zu Speier, Worms und Straßburg, für zahllose Bauten jener Gegenden hergegeben, und ihr Vorkommen bedingt zum großen Teile Bauart und Charakter der Städte dieses herrlichen Landes.



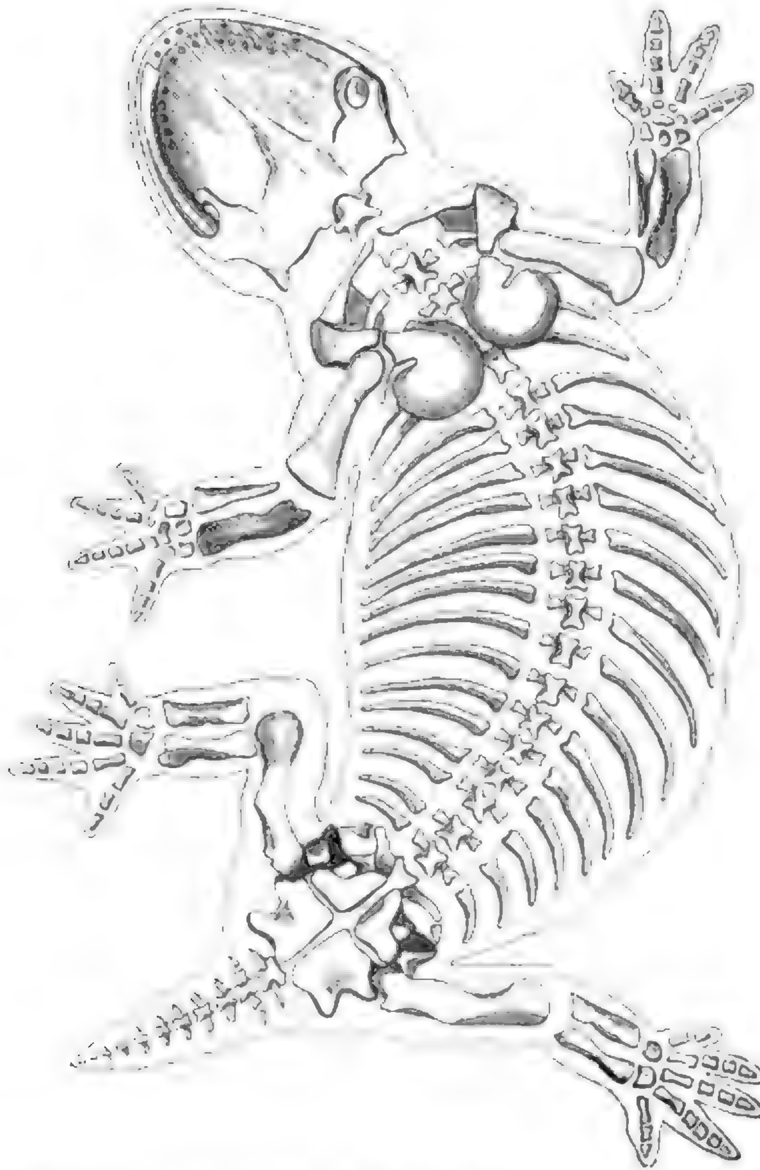
Querschnitt durch den Zahn eines großen Stegocephalen („Labyrinthodonten") mit gekröseartig gewundener Zahnstruktur.

Außer den Sandsteinen treten Konglomerate auf, rote, lettige Mergel trifft man häufig in der Oberregion, Kalkbänke schalten sich zwischen die letztern ein, ein andres nicht seltenes Vorkommen bildet Gips, und in manchen Gegenden Nordwestdeutschlands, im Braunschweigischen und bei Salzgitter im Hannöverschen, finden sich mächtige Salzlagerstätten. Im allgemeinen aber ist die ganze Stufe nicht reich an nutzbaren Mineralien; ihre Verwitterungsprodukte geben keine dem Landbaue günstige Ackerkrume, es sind meist wenig fruchtbare Landstriche, die der Buntsandstein bildet, sie können keine zahlreiche Bevölkerung ernähren, und mit Recht ist die große Verbreitung dieser Schichtgruppe geradezu als ein Nationalunglück für Deutschland bezeichnet worden. Nur sehr unvollkommenen Ersatz bietet es, daß der Buntsandstein weite, zum Teile herrliche Forsten trägt, daß er die eigentliche Waldformation des westlichen Deutschland ist.

Wie für die wirtschaftlichen Verhältnisse, so ist auch für die Untersuchungen des Geologen der Buntsandstein ein ziemlich trostloses Revier: Eintönigkeit der Felsarten und überaus große Armut an Versteinerungen sind zwei Hauptcharakterzüge, die der Forschung auf diesem Gebiete wenig erfreuliche Resultate in Aussicht stellen. An einigen Punkten finden sich Pflanzenreste, einige Schachtelhalme, Farne und Nadelhölzer, unter den letztern namentlich Voltzia heterophylla, die bezeichnendste Art der ganzen Ablagerung (s. Abbildung, S. 220); dazu kommen überaus seltene Reste von großen Stegocephalen oder Labyrinthodonten mit eigentümlich gewundener Zahnstruktur (s. obenstehende Abbildung), namentlich Trematosaurus Brauni von Bernburg und Labyrinthodon Ruetimeyeri (s. Abbildung, S. 222) aus der Gegend von Basel, sowie Schuppen von Ganoidfischen, die stellenweise sogar in großer Menge zusammengehäuft liegen.

Wie um des Geologen zu spotten, der mit vergeblichem Eifer nach wohlerhaltenen Versteinerungen sucht, treten verhältnismäßig häufig in manchen Gegenden die Fußstapfen eines mächtigen unbekannten Tieres auf, das auf vier Füßen einherging. Der berühmteste

Fundort dieser Fährten, deren Auffindung außerordentliches Aufsehen erregte, befindet sich in Heßberg bei Hildburghausen, weniger häufig und gut erhalten treten sie aber an vielen andern Punkten, in Thüringen, Franken rc., auf; ja, man hat einen bestimmten Horizont des Buntsandsteines geradezu als die Chirotherium-Schicht bezeichnet, nach dem Namen, welchen man dem Urheber dieser seltsamen Spuren gegeben hat. Die Form der Fährten ist handartig, und daher ist der Name Chirotherium („Handtier") gewählt (s. Abbildung, S. 223). Vier plumpe, krallentragende Finger und ein krallenloser, weit abstehender Daumen umgeben den mächtigen, polsterartigen Handteller, die Hinterfüße waren groß, die Vorderfüße auffallend klein, kaum ein Drittel so groß wie jene. Welches Tier diese Eindrücke hinterlassen hat, wissen wir nicht; doch ist es wahrscheinlich, daß sie von Labyrinthodonten herrühren.



Labyrinthodon Ruetimeyeri, aus dem Buntsandsteine von Basel. Etwas über 1/4 der natürl. Größe. (Nach Wiedersheim.) Vgl. Text, S. 221.

Die Art und Weise, in welcher diese seltsamen Spuren eines rätselhaften Wesens vorkommen, ist in vieler Beziehung von großem Interesse. Natürlich waren es vertiefte Abdrücke in dem weichen, etwas thonigen Sandboden, die zurückgelassen wurden, später lagerten sich neue Schichten darüber, deren Material formte diese Vertiefungen ab; und wenn man nun die Sandsteinplatten abhebt, so findet man auf deren Unterseite den erhabenen Ausguß der Fährte, ein genaues Faksimile des Fußes. Wir können aus diesem Vorkommen schließen, daß hier mehrfache Wechsel im Stande des Wassers stattgefunden haben. Der Boden muß trocken gelegen haben, als die Chirotherien über denselben spazierten, und er wurde dann wieder mit Wasser bedeckt, so daß sich von neuem Sand ablagern konnte, der die Fährten ausfüllte und die nächste Schicht bildete. Allerdings könnte man annehmen, daß das Tier nicht auf trocknem Boden ging, sondern in seichtem Wasser watete; allein andre Erscheinungen, die sich auf denselben Platten zeigen, gestatten eine solche Deutung nicht. Neben den Fährten erscheint nämlich ein grobes, weitläufiges Netzwerk von Wülsten, die Ausfüllung von Rissen, welche der in der Sonnenhitze austrocknende Schlamm während des Rückzuges des Wassers erhalten hat; auch finden sich die Abdrücke von mehrere Millimeter großen Kochsalzkristallen, welche durch Verdampfen zurückgebliebenen Wassers sich ausschieden und später wieder aufgelöst wurden. Es hat also der Boden nicht nur kurze

Zeit trocken gelegen, etwa beim täglichen Wechsel von Ebbe und Flut, denn im Zeitraume von wenigen Stunden bilden sich nicht zollgroße Sprünge und ansehnliche Kochsalzkristalle, sondern dieser Zustand muß längere Zeit angedauert haben. Wir müssen uns den Boden des Buntsandsteinbeckens in jener Zeit als einen riesigen Salzsumpf vorstellen, der in der nassen Jahreszeit von Wasser bedeckt, in der heißen ganz oder zum größten Teile ausgetrocknet war, etwa so, wie das heute von manchen Gebieten der Sahara oder der großen zentralasiatischen Wüste berichtet wird.

Eine Änderung der Verhältnisse tritt in der Oberregion des Buntsandsteines ein; hier erscheinen in der Regel statt der sandigen Ablagerungen dunkelrote Thone, der sogenannte Röt, häufig von Gips begleitet und mit Einlagerungen von Kalk und Dolomit,

Rechts eine Platte mit Chirotherium-Fährten und Austrocknungssprüngen; stark verkleinert. Links eine einzelne Fährte in schwacher Verkleinerung. Vgl. Text, S. 222.

in welchen sich die ersten Andeutungen marinen Lebens finden; allerdings sind dieselben dürftig genug, in der Regel sind es wenige Muscheln, unter denen namentlich Myophoria costata und Myacites Fassaensis wegen ihrer Häufigkeit und weiten Verbreitung von Wichtigkeit sind. Nur an wenigen Orten, in der Umgebung von Weimar, in Oberschlesien und in der Nähe von Krakau, tritt als Seltenheit auch eine Ammonitenform, Beneckeia tenuis, auf. Es sind das die Vorboten einer ziemlich mächtigen marinen Entwickelung, die nun Platz greift, des Muschelkalkes.

Der Muschelkalk zeigt ebenfalls sehr große Verbreitung in Deutschland; er folgt fast allerorten in regelmäßiger Lagerung über dem Buntsandsteine. Wir haben es mit einer Bildung zu thun, welche in sehr vielen Beziehungen die auffallendste Analogie mit dem Zechsteine der permischen Formation zeigt, gleich diesem in seiner typischen Entwickelung auf ein enges Areal beschränkt, mit einer Fauna, die durch geringe Zahl der Arten bei großer Häufigkeit der Individuen ausgezeichnet ist, und in welcher Muscheln und Schnecken entschieden das Übergewicht haben. Neben ihnen kommen von niedern Tieren nur sehr wenige Arten von Brachiopoden, Ammoniten und Krinoiden, allerdings in großer Individuenmenge, vor. Alles andre sind Seltenheiten, die nur hier und da an bestimmten Orten oder in ganz eng

umgrenzten, kleinen Horizonten häufig hervortreten. Wir haben auch hier die verarmte Fauna eines beschränkten und wahrscheinlich etwas schwach gesalzenen Meeresbeckens, von dem mit wenigen Änderungen alles das gilt, was oben vom Bildungsraume des Zechsteines gesagt wurde. Doch sind die Eigentümlichkeiten beim Muschelkalke weniger stark ausprägt, es kommen größere Konchylien häufig vor, auch die Echinodermen sind weit häufiger, und namentlich in der Oberregion treten auch Ammoniten in großer Individuenmenge auf.

Man kann im deutschen Muschelkalke drei Unterabteilungen überall verfolgen, von denen die untere, der Wellenkalk, durch das Auftreten sehr dünn geschichteter thoniger Kalkbänke mit unregelmäßig wellig gefalteter Oberfläche charakterisiert ist; darüber folgt als mittlere Abteilung die Anhydritgruppe, aus Kalken, Dolomiten, Rauchwacken, Anhydrit und Gips in unregelmäßiger Lagerung bestehend und häufig durch das Vorkommen reicher

1

2

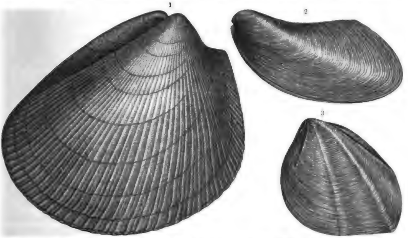
1. Encrinus liliiformis, aus dem obern Muschelkalke. — 2. Kalkstein, aus Stielgliedern von Encrinus gebildet, aus Württemberg. Vgl. Text, S. 225.

Salzlager ausgezeichnet. Während in manchen Gegenden die Mächtigkeit der Anhydritgruppe keine bedeutende ist, schwillt sie örtlich riesig an, und dann weist sie die ausgezeichneten Salzvorkommnisse auf, welche namentlich in Württemberg bei Friedrichshall, Wilhelmsglück und Schwenningen, ferner bei Duisheim in Baden, bei Haigerloch in Hohenzollern, in der Nähe von Basel, endlich in Thüringen in der Gegend von Buffleben und Stotternheim und an verschiedenen andern Orten in bedeutenden Salinen ausgebeutet werden. Als paläontologisch selbständige Stufe kann die Anhydritgruppe nicht betrachtet werden; in der Regel ist sie vollständig fossilfrei, und an den wenigen Punkten, wo Versteinerungen gefunden worden sind, stimmen sie vollständig mit solchen überein, welche die Oberregion des Wellenkalkes zu charakterisieren pflegen.

Die obere Abteilung, der Hauptmuschelkalk, besteht wieder aus normalen grauen Kalken, weniger thonig, fossilreicher und in dickern Bänken brechend als diejenigen des Wellenkalkes. Die Mächtigkeitsverhältnisse dieser Bildungen sind ziemlich wechselnde. Gegen Südwesten, in Württemberg und Baden, ist der Wellenkalk schwach entwickelt und überschreitet kaum irgendwo eine Dicke von 50 m, er gewinnt dagegen nach Norden und Nordosten sehr stark an Mächtigkeit, so daß er in Franken, Thüringen, Schlesien 2c. 100—150 m erreicht.

Unter den Versteinerungen des Muschelkalkes sind die niedriger organisierten Formen, Foraminiferen, Schwämme, Korallen, nur überaus dürftig vertreten; erst die Echinodermen finden sich in reichlicher Menge, aber auch bei ihnen macht sich eine auffallende Eintönigkeit geltend; abgesehen von ziemlich ärmlichen Resten von Seeigeln, ist fast nur die einzige Krinoidengattung **Encrinus** zu nennen, die aber freilich stellenweise in ganz fabelhafter Menge vorkommt, so daß ihre Stielglieder bisweilen geradezu felsbildend auftreten (s. Abbildung 2, S. 224). Wellenkalk und Hauptmuschelkalk sind jeder durch eigne Arten der Gattung ausgezeichnet, jener durch **Encrinus Carnalli, gracilis, Brahli** 2c., dieser durch den allbekannten **Encrinus liliiformis** (s. Abbildung 1, S. 224), dessen Reste stellenweise in außerordentlicher Menge zusammengehäuft sind. Unter den Brachiopoden, Muscheln und Schnecken finden wir dagegen eine große Anzahl von Formen, die beiden Hauptabteilungen des Muschelkalkes gemeinsam angehören und die Schichtflächen oft zu Tausenden bedecken; unter den Brachiopoden ist **Terebratula vulgaris** (s. nebenstehende Abbildung) weitaus die häufigste Art, während andre sehr bezeichnende Formen, wie **Retzia trigonella, Spiriferina fragilis, hirsuta** und andre, weit seltener, aber doch von Wichtigkeit sind, da sie auch in alpinen Ablagerungen auftreten und den Vergleich dieser mit den mitteleuropäischen Bildungen erleichtern. Muscheln und Schnecken liefern ein verhältnismäßig so zahlreiches Kontingent, daß es unmöglich ist, hier auf irgend welche Einzelheiten einzugehen; die

Terebratula vulgaris mit erhaltener Farbenzeichnung, aus dem Muschelkalke Württembergs.



Bezeichnende Muscheln des Muschelkalkes: 1. **Lima lineata**. — 2. **Gervillia socialis**. — 3. **Myophoria vulgaris**.

Gattungen **Lima, Pecten, Gervillia**, austernähnliche Muscheln, Myophorien 2c. gehören zu den häufigsten Vorkommnissen, und die obenstehende Abbildung stellt einige der bezeichnendsten Formen dar.

Cephalopoden sind im Wellenkalke überaus selten, aber durch außerordentlich charakteristische Typen vertreten; **Beneckeia Buchi** und **Hungarites Strombecki** sind die wichtigsten Formen des untern, **Ceratites antecedens** und **Ptychites dux** des obern Wellenkalkes.

Digitized by Google

Die letztgenannte Art hat schon dadurch eine gewisse Wichtigkeit erlangt, daß durch ihre Auffindung ein altes Vorurteil definitiv widerlegt wurde; wie schon erwähnt, glaubte man früher, daß bei allen Ammonitiden der Trias die Kammerscheidewände im sogenannten Ceratitenstadium, d. h. daß nur die Endigungen der Loben gezahnt seien, während Formen mit rings gezackten Loben erst in jüngern Ablagerungen, seit Beginn des Jura, auftreten sollten. Wohl hatte die Untersuchung der Alpen das Vorhandensein des letztern Typus in den dortigen Triasbildungen ergeben, aber doch sah man von manchen Seiten alle diese Angaben mit Mißtrauen an, bis die Entdeckung des Ptychites dux mit verzweigten Suturen zu Rüdersdorf bei Berlin und an einigen thüringischen Lokalitäten die Bestätigung brachte.

Ceratites nodosus, aus dem obern Muschelkalke.

Der untere Teil des Hauptmuschelkalkes ist fast ganz ohne Cephalopoden, im obern Teile desselben treten sie dagegen in großer Häufigkeit hervor; trotz der staunenswerten Individuenmenge ist jedoch die Zahl der Arten sehr gering, wenn deren auch mehr sind, als man in der Regel annimmt. Ceratites nodosus und semipartitus sind die häufigsten Formen, von denen die erstere ein etwas tieferes Lager einnimmt als die letztere. Es gibt vielleicht im ganzen Gebiete der Geologie kaum ein zweites Beispiel einer Cephalopodenart, die, wie Ceratites nodosus (s. obenstehende Abbildung links), auf einem ziemlich umfangreichen geschlossenen Areale in so ungeheurer Menge und außerhalb seiner Grenzen noch nie auch nur in einer Spur gefunden worden ist. Mit Ausnahme eines schmalen Grenzstriches in Frankreich ist Ceratites nodosus ganz auf das Deutsche Reich beschränkt, in diesem aber vermutlich die in größter Individuenzahl vorkommende Ammonitenart, so daß Leopold v. Buch meinte, sie gehöre von Rechts wegen in das deutsche Wappen.

Pemphix Sueuri, aus dem Muschelkalke; restaurierte und verkleinerte Zeichnung.

Rechnen wir zu den erwähnten Formen das erstmalige etwas häufigere Vorkommen langschwänziger Krebse, welche der Gattung Pemphix angehören (s. obenstehende Abbildung rechts), so ist damit die niedere Tierfauna des mitteleuropäischen Muschelkalkes erschöpft; von Wirbeltieren finden sich Schuppen und Zähne von Fischen stellenweise in großer Menge zusammengehäuft, doch fehlt es an gut erhaltenen Funden ganzer, zur Beurteilung geeigneter Exemplare. Von größter Wichtigkeit sind dagegen die allerdings ebenfalls fragmentarischen, aber doch teilweise sehr gut erhaltenen Reste von Reptilien, denen wir hier zum erstenmal in größerer Anzahl begegnen. Die besten Exemplare hat die Umgebung von Baireuth mit den berühmten Lokalitäten Bindloch und Laineck geliefert, doch kommen gute Stücke auch an manchen andern Orten, z. B. in Oberschlesien, in Württemberg rc., vor.

Digitized by Google

Weitaus das häufigste Reptil ist Nothosaurus, eine ziemlich große, bizarre Form mit langem Halse und langgestrecktem Kopfe, an welchem namentlich die riesigen Schläfengruben und die langen, schlanken Zähne im vordern Teile des Kiefers auffallen; wir kennen nicht alle Teile dieses Tieres, sowenig wie die des mit ihm verwandten stumpfschnauzigen Simosaurus, dagegen haben sich neben diesen Riesen einige Zwerge, kleine, überaus zierliche Formen, gefunden, von welchen man vollständigere Reste kennt, und aus deren Beschaffenheit man auf diejenigen jener nahe verwandten großen Typen schließen kann. Am vollständigsten

Neusticosaurus, aus der Lettenkohle von Ludwigsburg. (Nach Seeley.)

ist Neusticosaurus[1] aus der Gegend von Ludwigsburg in Württemberg bekannt (s. obenstehende Abbildung); der stumpfschnauzige Schädel sitzt auf sehr langem, schlankem Schwanenhalse in einer Weise, wie das bei keinem lebenden Reptile vorkommt, aber allerdings bei den Plesiosauren des Jura noch extremer ausgebildet erscheint; der Rumpf ist gedrungen, der Schwanz kurz, von den Beinen ist das vordere Paar in Form von Ruderflossen entwickelt, während die Hinterbeine in Schreitfüßen endigen. Allein das Vorhandensein von Ruderflossen ist keine allgemeine Eigentümlichkeit aller Nothosauriden, sondern, wie der reizende kleine Dactylosaurus aus der oberschlesischen Trias zeigt (s. nebenstehende Abbildung), können die Vorderbeine ebenfalls zum Schreiten eingerichtet sein.

Dactylosaurus, aus dem Muschelkalke Oberschlesiens. (Nach Gürich.)

Es ist das eine Erscheinung von sehr großer Wichtigkeit; die Nothosauriden der Trias und die Plesiosaurier des Jura und der Kreide sind in vielen Beziehungen so nahe verwandt und einander so ähnlich, daß die Abstammung der letztern von den erstern im höchsten Grade wahrscheinlich ist; die Plesiosauren haben vier Flossenfüße, unter den geologisch ältern Nothosauriern hat eine Gattung nur vorn, eine zweite gar keine Flossenfüße, während wir die Extremitätenbildung der übrigen nicht näher kennen; wir müssen daraus schließen, daß der ganze Stamm ursprünglich Schreitfüße besaß und die Ausbildung zu Ruderflossen eine später erworbene Eigenschaft, eine Anpassung an den Aufenthalt im Wasser darstellt.

[1] Neusticosaurus ist zwar nicht im Muschelkalke gefunden worden, sondern er stammt aus der Lettenkohlengruppe, deren Fauna jedoch in innigstem Zusammenhange mit derjenigen des Muschelkalkes steht. Bauer nimmt neuerdings an, daß die Vorderextremitäten Schreitfüße waren.

Digitized by Google

Neben diesen an sich schon sehr sonderbaren Formen treten aber andre auf von so überaus seltsamem Baue, daß deren Deutung ganz unmöglich wird, daß wir kaum mehr von denselben sagen können, als daß sie zu den Reptilien gehören, aber von allen bekannten Formen so total abweichen, daß man sie mit keiner derselben irgend in nähere Verbindung bringen kann. Vor allem gilt das von den nahe miteinander verwandten Gattungen Placodus und Cyamodus mit plumpem, kurzem Schädel, der nur in der Größe der Schläfengruben etwas an Nothosaurus erinnert; das höchst auffallende Hauptmerkmal besteht darin, daß Kiefer und Gaumen mit mächtigen breiten, flachen Zahnplatten bedeckt waren, die auch nur in annähernd ähnlicher Weise bei keinem Reptile der Welt vorkommen und eher einige Analogie mit den Zähnen mancher Fische, z. B. mit jenen von Anarrhichas, zeigen. Aller Wahrscheinlichkeit nach lebten die Plakodonten von den zahllosen Mollusken, welche den Meeresboden bedeckten, und deren Schalen sie mit ihren Kauplatten zermalmten. Andre Teile von Placodus kennt man nicht mit Bestimmtheit, man hat jedoch mit ihnen zusammen äußerst ungewöhnlich geformte Wirbel gefunden, die sich durch ihre enorme Länge vor denen aller andern bekannten Reptile auszeichnen; man hat vermutet, daß diese Wirbel, denen man den Namen Tanistrophaeus gegeben hat, zu Placodus und zwar zu dem Halse desselben gehören; bestätigt sich diese nicht unwahrscheinliche Hypothese, dann war dieser wohl das unglaublichste und unproportionierteste Geschöpf, das je existiert hat.

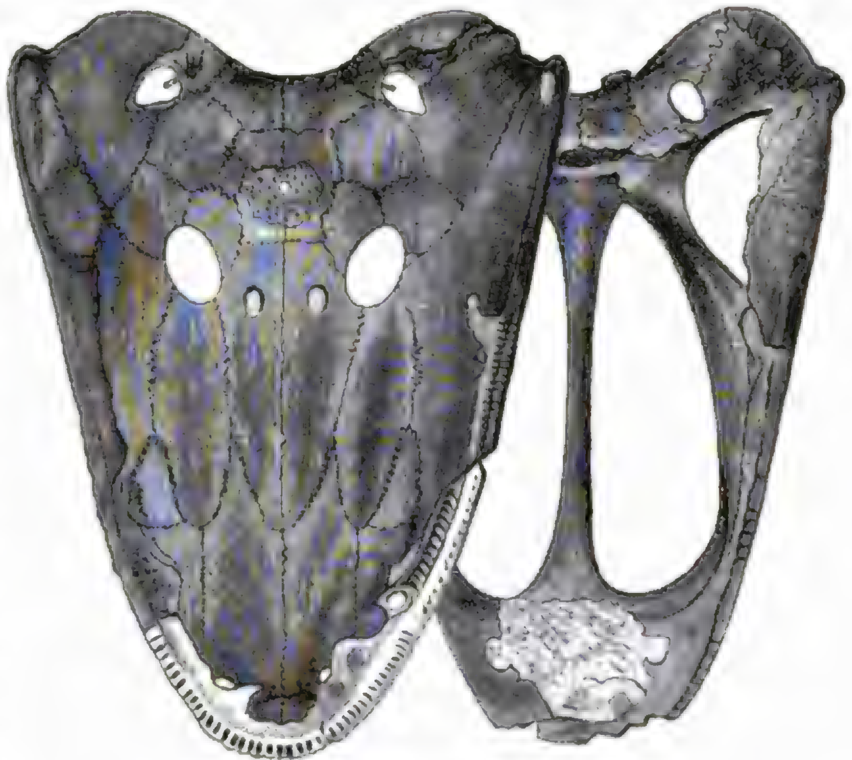
Über dem Muschelkalke folgt die obere Trias oder der **Keuper**, ein Schichtkomplex, in welchem allmählich die marinen Typen mehr und mehr zurücktreten; es stellen sich dann bunte Mergel und Sandsteine ein, welche nur Landpflanzen und Wirbeltierreste enthalten, denen aber einige Bänke mit marinen Kondylien eingeschaltet sind; zu oberst nehmen in vielen Gebieten die Meeresablagerungen wieder überhand und bereiten die rein marine Entwickelung der nun folgenden Juraformation vor. Der Keuper wird in der Regel in drei Stufen eingeteilt, eine untere, **Lettenkeuper-** oder **Lettenkohlengruppe**, eine mittlere, den **bunten Keuper**, und eine obere, die **rätische** oder **Bonebedgruppe**.

Die Lettenkohlengruppe besteht aus einem mannigfachen Wechsel von gelben und grauen Dolomitbänken, welche eine überaus dürftige Marinfauna enthalten, von Thonen und pflanzenführenden Sandsteinen und enthält in vielen Gegenden ein etwa 30 cm mächtiges Flöz einer sehr unreinen, zur Heizung durchaus unbrauchbaren Kohle. So wertvoll bauwürdige Kohlenlager sind, so schädlich ist in der Regel für eine Gegend das Vorhandensein unbedeutender und schlechter Flözchen, weil trotz der unzweifelhaft nachgewiesenen und hundertmal betonten Unbauwürdigkeit sich immer wieder unwissende und leichtgläubige Leute finden, welche in der Tiefe ergiebige Mengen zu finden hoffen und sich dadurch zu fruchtlosen, kostspieligen Experimenten verleiten lassen. Die Lettenkohle ist in einem einzigen Falle mit Nutzen ausgebeutet worden, der bezeichnend genug ist, um hier erzählt zu werden: ein Kollege des Verfassers fand bei Begehung der Aufschlüsse bei einem Eisenbahnbaue in Süddeutschland zu seinem Erstaunen, daß eine Arbeiterkantine mit Lettenkohle geheizt wurde, die bei Anlage eines Einschnittes herausgefördert worden war. Der Geolog erkundigte sich, ob denn die Kohle brauchbar sei, und ob der eiserne Ofen und das Rohr desselben nicht durch den großen Schwefelgehalt der Kohle angefressen werde; er erhielt von dem Wirte die Antwort, das letztere sei allerdings der Fall, aber das schade nichts, die Kohle koste ihn nichts, und wenn der Ofen von den Schwefeldämpfen verdorben werde, sei es Sache der Bauleitung, einen neuen anzuschaffen. Unter solchen Verhältnissen mag die Lettenkohle verwendbar sein, sonst ist jeder Pfennig verloren, der auf deren Aufsuchung oder Gewinnung verwendet wird.

Die **Marinfauna** der Lettenkohlendolomite umfaßt nur wenige Arten: ein kleines Krebstier aus der Abteilung der Blattkiemer (Estheria minuta), ein hornschaliger Brachiopode (Lingula tenuissima), einige wenige Muscheln, unter welchen Myophoria Goldfussi am

wichtigsten ist, kommen häufig vor; in dem Grenzdolomite, welcher die Lettenkohlengruppe von dem bunten Keuper trennt, hat sich in Thüringen ein isolierter Ammonit, Ceratites Schmidti, in einem einzelnen Exemplare gefunden. Von Bedeutung ist auch das stellenweise namentlich in Württemberg häufige Auftreten der Zahnplatten der schon früher genannten Fischgattung Ceratodus; sie stimmen mit denjenigen des heute in Queensland in Australien vorkommenden Baramunda, eines der wenigen Lungenfische der Jetztwelt, so auffallend überein, daß man auch für diesen kurzweg den für die Zähne der Trias gegebenen Namen Ceratodus angewendet hat, wenn auch die wirkliche Übereinstimmung beider durchaus nicht nachgewiesen ist.

Weit reicher als die Meeresfauna ist die Landflora, welche sich an vielen Orten im Lettenkeuper eingeschwemmt findet; Schachtelhalme, Farne, Nadelhölzer, vorzüglich aus den Gattungen Voltzia und Widdringtonia, endlich Pterophyllum als Vertreter der Cykadeen oder Sagopalmen sind die wichtigsten Typen.

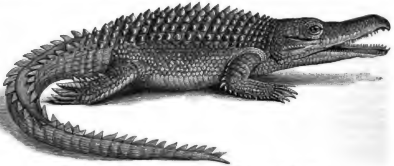


Schädel von Capitosaurus. (Nach Fraas.)

Der mittlere oder bunte Keuper besteht vorwiegend aus roten und grünen, lettigen Mergeln mit Gipseinlagerungen, welchen meist zwei mächtige Sandsteinhorizonte, der Schilfsandstein, ungefähr in der Mitte, und der Stubensandstein, gegen oben, eingeschaltet sind. In den untern Mergeln liegen die großen Steinsalzlager Lothringens, von Dieuze und Salzburg. Auch zwei marine Einschaltungen von sehr geringer Mächtigkeit treten regionenweise auf, von denen die ältere an manchen Punkten eine schöne und große Muschel aus der Gattung Myophoria Raibliana enthält, die sich auch in der obern Trias der Alpen, in den sogenannten Raibler Schichten, findet.

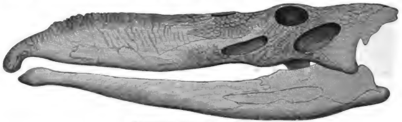
Viel häufiger als die Meereskonchylien treten auch hier im mittlern Keuper Reste von Landpflanzen auf, welche denselben Haupttypen angehören, die wir schon in der Lettenkohlengruppe kennen gelernt haben; ferner findet sich in Semionotus ein ausgezeichneter Vertreter der schmelzschuppigen Fische, vor allem aber treten Amphibien und Reptilien in ausgezeichneten Formen entgegen, von denen Württemberg und ganz besonders die Umgebung von Stuttgart eine Menge der prachtvollsten Reste geliefert hat. Von Amphibien sind gewaltige Labyrinthodonten vertreten, die größten bisher bekannten Vertreter ihres Geschlechtes, so Mastodonsaurus, Capitosaurus (s. obenstehende Abbildung) und andre, von denen namentlich die riesigen Schädel in ziemlicher Anzahl gefunden worden sind; hier findet dieser Stamm seine mächtigste Entfaltung, wenigstens was Größenentwickelung anlangt, aber damit ist auch der Höhepunkt erreicht, es folgt der rasche Verfall und das Verschwinden der Labyrinthodonten.

Unter den Reptilien steht der mächtige Belodon obenan (s. untenstehende Abbildung), dessen prächtige Reste durch die Bemühungen von Kapff aus dem Stubensandsteine von Stuttgart zu Tage gefördert worden sind. Es sind das riesige, krokodilähnliche Tiere, die äußerlich meist schon durch die stark aufgetriebene Schnauze des langgestreckten Schädels aus-



Belodon, aus dem Keupersandsteine von Stuttgart. (Restauriert nach Fraas.)

gezeichnet sind (s. untenstehende Abbildung); ein kräftiger Panzer deckte den Leib des Neckarsauriers. So sehr aber auch die ganze Gestalt den Krokodiltypus an sich trägt, so läßt doch der Skeletbau wichtige Eigentümlichkeiten und Abweichungen von diesem, namentlich in der größern Zahl der Kreuzbeinwirbel, erkennen. Eine andre noch größere Form bildet die Dinosauriergattung Zanclodon, von der ein wunderbares, fast vollständiges Skelet, allerdings ohne Schädel, in Stuttgart aufbewahrt wird. Ein überaus zierliches, in der äußern Erscheinung eidechsenähnliches Tier dagegen ist Aëtosaurus, den wir durch die Beschreibung



Schädel von Belodon (ohne die Zähne).

von Fraas kennen gelernt haben. Im Naturalienkabinette in Stuttgart wird als eins der wertvollsten Stücke und als einer der schönsten paläontologischen Funde, die je gemacht worden sind, ein Sandsteinblock aufbewahrt, in welchem sich die Reste von nicht weniger als 13 dieser Tierchen, fast alle in prachtvoller Erhaltung, befinden (s. Abbildung, S. 231).

Den obersten Teil des Keupers bildet die rätische Stufe oder die Bonebedgruppe, ein mannigfaltig entwickelter Schichtenkomplex, der bald durch pflanzenreiche Sandsteine, bald durch Sandsteine mit zahlreichen Meeresmuscheln gebildet ist; dazu gesellen sich graue Thone, bisweilen aber ist die ganze Stufe durch rote Letten vertreten, welche sich von jenen des bunten Keupers nicht unterscheiden. Das eigentümlichste und für die Geschichte der Tierwelt wichtigste Glied der Schichtreihe ist das Knochenlager oder, nach

Digitized by Google

dem in der Regel angewendeten englischen Namen, das Bonebed, welches bei vollständiger Entwickelung eine wenige Zentimeter dicke Schicht bildet, ein Haufwerk von Quarzkörnern und zahllosen Zähnen, Knochentrümmern, Fischschuppen und Koprolithen (fossilen Kotballen), alles meist von sehr geringer Größe; in manchen Gegenden ist diese Schicht nur schwach angedeutet, aber stärker oder schwächer vertreten findet sich dieser Wirbeltierhorizont in außerordentlich weiter Verbreitung nicht nur in Deutschland, sondern auch in England. Schon vom rein geologischen Standpunkte bietet dieses Vorkommen großes Interesse, da wir

Sandsteinblock mit zahlreichen Exemplaren von Aëtosaurus, aus dem Keuper von Stuttgart (verkleinert). (Nach Fraas.) Vgl. Text, S. 230.

vergebens zu erforschen suchen, unter welchen Umständen eine so überaus eigentümliche Bildung sich über so weite Strecken ablagern konnte; ganz besonders aber sind die Tierreste von Bedeutung, welche sich in diesem seltsamen Gesteine finden. In erster Linie ist es eine Menge von Fischen, die durch isolierte Zähne und Schuppen ihre Anwesenheit verraten; dazu kommen zahlreiche Fragmente von Reptilien, von Ichthyosaurus und andern, namentlich der älteste Rest eines Flugsauriers; das wichtigste Vorkommen aber sind die Zähnchen von Säugetieren, die zuerst von Plieninger bei Degerloch unweit Stuttgart gefunden wurden. Niemand hatte bis dahin eine Ahnung, daß der höchste Typus der Wirbeltiere schon in so alten Ablagerungen auftrete, und es erregte daher bei vielen Forschern ungerechtfertigtes Mißtrauen, als Plieninger aus dem Vorhandensein zweier Wurzeln an einem winzigen Zähnchen von Degerloch auf dessen Zugehörigkeit zu einem Säugetiere schloß (s. Abbildung, S. 232, links); nach der spitzhöckerigen Beschaffenheit der Krone verglich er das Fossil mit den Zähnen von

Digitized by Google

Insektenfressern und nannte das Tier Microlestes, den kleinen Räuber. Hierauf wurden in Württemberg noch mehrere Zähne von Microlestes gefunden, ferner ein einzelner neunhöckeriger Zahn, der von Fraas Triglyphus genannt wurde (s. Abbildung rechts) und wegen seiner auffallenden Ähnlichkeit mit dem einzigen bisher bekannten Säugetiere aus der Trias Südafrikas, dem später zu erwähnenden Tritylodon, besonders merkwürdig ist. Später lieferte auch die Bonebedgruppe Englands Säugetierreste, und auch in Nordamerika fanden sich solche in einem, wie man glaubt, annähernd übereinstimmenden Niveau. Die Zähne dieser Tiere, etwa mit Ausnahme des sehr abweichenden Triglyphus, haben ganz den Typus von Insektenfressern, aber sie stimmen auch mit denjenigen insektenfressender Beuteltiere überein; da man auch ziemlich vollständige Unterkiefer entdeckte, so konnte die Frage gelöst werden, welcher dieser beiden Abteilungen die rätischen Formen sich nähern: die Beuteltiere sind nämlich alle durch den eingebogenen Fortsatz der Hinterecke des Unterkiefers charakterisiert, und da dieses Merkmal auch bei unsern Resten auftritt, so kann man mit Sicherheit sagen, daß sie entweder wirklichen Beuteltieren oder wenigstens mit den Beuteltieren nahe verwandten Formen angehörten. Es ist das ein sehr wichtiges Ergebnis, wir sehen daraus, daß der am niedrigsten organisierte Zweig der Säugetiere auch zuerst in der geologischen Geschichte auftrat.

Zahn von Triglyphus in natürlicher Größe und in schwacher Vergrößerung, in verschiedenen Ansichten abgebildet. (Nach Fraas.)

Zahn von Microlestes, aus dem Bonebed von Degerloch bei Stuttgart, in verschiedenen Ansichten abgebildet. Vgl. Text, S. 231.

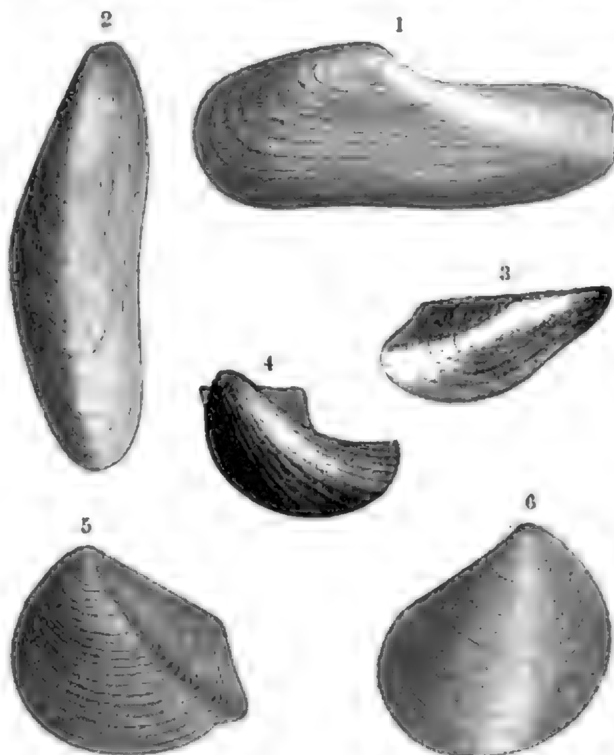
Von weit geringerer Bedeutung für die Kenntnis der Tierwelt, aber von um so größerer für die Geologie sind die Meereskonchylien des Bonebedsandsteines. Seit der Lettenkohle war keine über große Strecken ausgebreitete Meeresfauna mehr im außeralpinen Europa erschienen. Hier auf einmal begegnet uns eine allerdings an sich noch immer ziemlich arme und ganz vorwiegend aus Muscheln bestehende Tiergesellschaft, welche nicht nur in den verschiedensten Teilen Deutschlands, sondern auch in Frankreich, England, Irland und Schweden wiederkehrt. Avicula contorta, Gervillia praecursor, Lima praecursor, Myophoria Ewaldi, Anatina praecursor, Modiola minuta, Pecten acuteauritus gehören zu den bezeichnendsten Arten, von denen ein Teil auf S. 233 abgebildet ist.

Das größte Interesse gewinnt dieses Vorkommen dadurch, daß die Mehrzahl der Arten sich vollständig übereinstimmend auch in weitester Verbreitung in den Alpen, Karpathen ꝛc. in einem bestimmten Horizonte, in den obersten Schichten der Trias, den sogenannten Kössener Schichten, wiederfindet. Wie wir sehen werden, hat die alpine Trias vom Muschelkalke an eine von der deutschen Ausbildung durchaus verschiedene Entwickelung genommen, die Fauna beider ist total verschieden und damit auch jeder Versuch einer Parallelisierung einzelner Glieder aus beiden Triasprovinzen vergeblich. Als aber gegen Ende der Triaszeit die außeralpinen Regionen wieder dem Fortkommen marinen Lebens günstigere Bedingungen zu bieten begannen, scheint dieses Becken mit dem alpinen in offene Verbindung getreten zu sein und eine Einwanderung der verschiedenen Muschelformen und der wenigen sie begleitenden Schnecken aus der letztern stattgefunden zu haben. Im Jahre 1856 erkannten Oppel und Sueß die Übereinstimmung der alpinen mit den außeralpinen Fossilien und der Schichten der Avicula contorta in den beiden Regionen; damit war ein fester Horizont für den Vergleich und die Möglichkeit präziserer Altersbestimmungen unter den Sedimenten der Alpen gegeben, es bezeichnet dieser Nachweis geradezu einen Wendepunkt in der Alpengeologie.

TRIAS- UND PERMABLAGERUNGEN IM VIRGENTHALE, ARIZONA.
(Nordamerika).

Digitized by Google

Die deutsche Trias bildet den reichst entwickelten Typus des außeralpinen Europa, in andern Gegenden sind die Ablagerungen bedeutend reduziert; in England z. B. fehlt der Muschelkalk vollständig, und die ganze Trias besteht aus einer ununterbrochenen Folge von roten Sandsteinen und Mergeln, welche unter dem Namen Upper New Red bekannt ist. Man hat innerhalb desselben zwei Abteilungen unterschieden, die man mit dem Buntsandsteine und dem Keuper Deutschlands parallelisieren wollte, doch fehlt zu dieser letztern Annahme die Berechtigung, da es sehr unwahrscheinlich ist, daß der Muschelkalk hier gar keine Vertretung habe. Es ist im Gegenteile anzunehmen, daß demselben innerhalb der fortlaufenden Sandsteinentwickelung ein mittlerer Teil entspreche, der allerdings nicht scharf unterschieden werden kann. An fossilen Resten ist die englische Trias überaus arm; in einem dolomitischen Konglomerate in der Nähe von Bristol hat man einige Reste thekodonter Reptilien gefunden, die unter den Namen Palaeosaurus und Thecodontosaurus beschrieben worden sind.



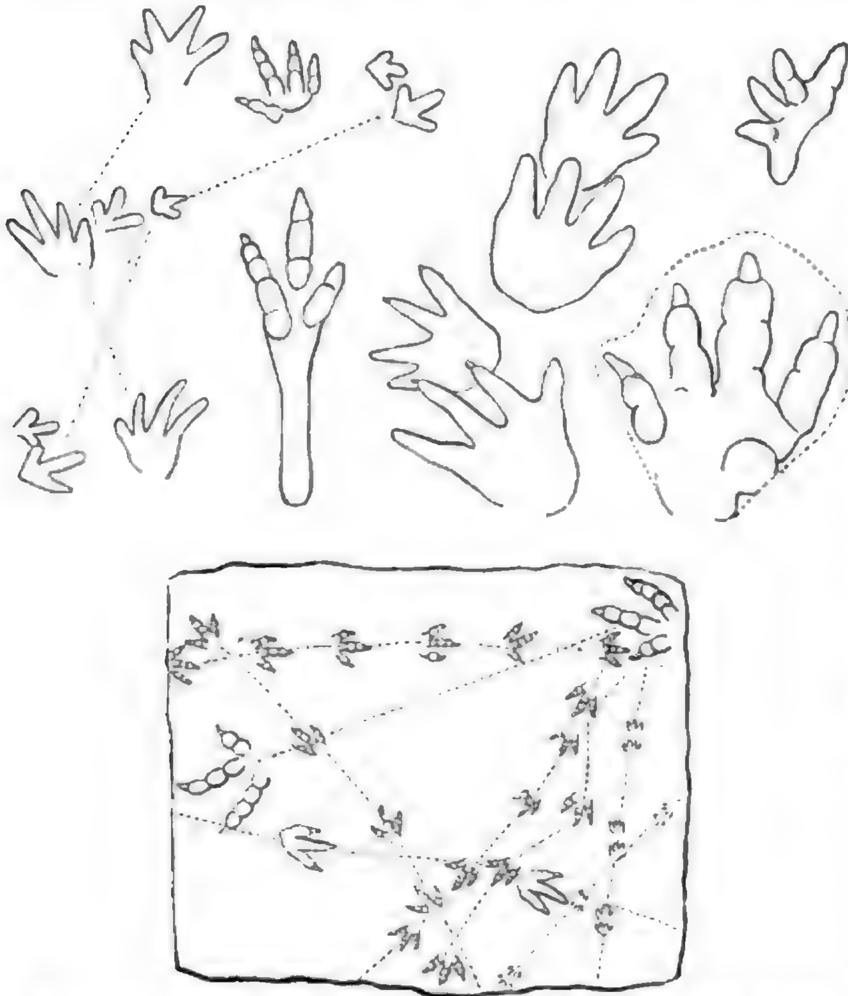
Rätische Muscheln: 1. Anatina praecursor. — 2. Modiola minuta. — 3. Gervillia praecursor. — 4. Avicula contorta. — 5. Myophoria Ewaldi. — 6. Lima praecursor, aus dem Bonebedsandsteine Württembergs. (Nach Quenstedt.) Vgl. Text, S. 232.

Fast ganz fossilleere bunte Mergel scheinen in einem riesigen Teile des europäischen Rußland die Trias zu vertreten. Auch in Nordamerika zeigt die Trias meist die rote Sandsteinentwickelung. In den östlichen Staaten sind sie in einem langgestreckten, aber mehrfach unterbrochenen Zuge von Neuschottland bis Nordcarolina verbreitet: die bekanntesten Stellen ihres Vorkommens sind an den Palissaden des Hudson oberhalb New York und im Thale des Connecticutflusses. In noch größerer Ausdehnung treten rote Sandsteine von annähernd übereinstimmendem Alter im Westen in den Rocky Mountains und in dem weiten Raume zwischen diesen und der Sierra Nevada auf, von wo Marcou sie zuerst erwähnt; doch ist hier die Altersbestimmung vielfach mit Schwierigkeiten verbunden und namentlich die Trennung von Jura und Trias nicht immer sicher durchführbar. (Vgl. die beigeheftete Tafel „Trias- und Permablagerungen im Virgenthale, Arizona, Nordamerika".) Noch weiter im Westen findet sich marine Trias von alpinem Typus.

Weitaus die merkwürdigsten Reste, die sich in den Triassandsteinen des östlichen Nordamerika finden, sind die Fährten im Sandsteine des Connecticutthales. Wir haben im Buntsandsteine Deutschlands die seltsamen Spuren von Chirotherium kennen gelernt, und eine ähnliche, nur ungleich großartigere Erscheinung tritt uns in Amerika entgegen. Hier rühren aber die Abdrücke nicht von Tieren her, die auf vier, sondern meist von solchen, die auf zwei Beinen einhergingen. In ungeheurer Mannigfaltigkeit der Form und Größe finden sich dieselben, von den riesigen Brontozoum-Fährten bis zu denen ziemlich kleiner Tiere, einzelne Riesen sollen eine Schrittweite von fast 4 m erreichen. Eine annähernde Vorstellung von der Vielgestaltigkeit dieser Fußspuren, unter welchen man über 60 verschiedene Arten unterschieden hat, mögen die Abbildungen auf S. 234 geben; die meisten zeigen drei Zehen, andre vier, einzelne fünf, der Umriß ist wechselnd, und sie gehören offenbar

einer sehr reichen Landbevölkerung an. Die Zahl der gefundenen Exemplare ist eine große, und in einzelnen Museen werden mehrere Tausend Exemplare aufbewahrt.

Natürlich drängt sich die Frage auf, welche Tiere denn diese merkwürdigen Eindrücke hinterlassen haben. Neben einigen stets vierzähligen Vorkommnissen, die man wohl mit Recht Labyrinthodonten zugeschrieben hat, gehört, wie gesagt, die große Mehrzahl Geschöpfen an, die auf zwei Füßen gingen. Die nächstliegende Ansicht war naturgemäß die, daß man es mit Strand- oder Sumpfvögeln zu thun habe, die hier im weichen, schlammigen Sande wateten. Allein mit der Zeit erkannte man, daß viele mesozoische Reptilien, ein großer Teil der überaus formenreichen Gruppe der Dinosaurier, aufrecht auf den Hinterbeinen ging, und man vermutete, daß solche die Spuren hinterlassen haben. Bald fand man eine volle Bestätigung; es zeigte sich, daß manche dieser Tiere zwar in der Regel aufrecht gingen, aber sich bisweilen auf ihre kleinern Vorderfüße niederließen, man traf vereinzelt auch die Eindrücke dieser; die Zahl der Formen, bei welchen beide Beinpaare in Abdrücken nachgewiesen wurden, mehrte sich, und es konnte nun nur noch die Frage sein, ob alle diese Fährten Dinosauriern zugehören, oder ob neben ihnen auch solche von Vögeln vorhanden sind. Die Ansichten darüber sind auch unter den amerikanischen Forschern, welche das reiche Material eingehend untersucht haben, noch geteilt, und am allerwenigsten können wir in Europa darüber ein bestimmtes Urteil fällen.



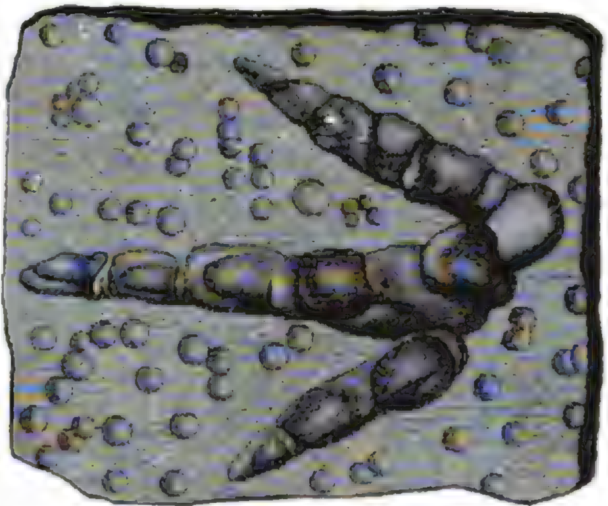
Fährten aus Connecticutsandstein. (Nach Dana) Vgl. Text, S. 233.

Knochenreste und zwar von Dinosauriern kommen in denselben Ablagerungen nur äußerst spärlich vor; es gehört gewiß zu den auffallenden Erscheinungen, daß wir eine überaus reiche Bevölkerung nur aus den Fußstapfen kennen, die sie im Schlamme hinterlassen hat, und es gibt wenige Beispiele, die so eindringlich für die außerordentliche Lückenhaftigkeit der paläontologischen Überlieferung sprechen. Noch ein andres sonderbares Vorkommen tritt in jenen fährtenreichen Sandsteinen auf: es sind sehr zahlreiche kleine, runde Vertiefungen in der Oberfläche der Schichten, über deren Bedeutung verschiedene Meinungen ausgesprochen worden sind. Die verbreitetste Ansicht ist die, daß es Eindrücke seien, welche die Tropfen eines heftigen Regengusses beim Niederfallen auf den weichen Boden hervorbrachten; doch stehen dieser Deutung manche Bedenken gegenüber: die einzelnen Tropfen sind sehr weit voneinander entfernt und unverhältnismäßig groß, und es ist wahrscheinlicher,

daß sie durch das Platzen von Gasblasen erzeugt wurden, die sich aus dem durchtränkten Boden frei machten (s. untenstehende Abbildung).

Wir haben die Sandsteinentwickelung der Trias über eine weite Fläche in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel verfolgt. Wir treffen eine zweite gewaltige Area in weiter Entfernung von dieser ersten, in welcher die Trias ebenfalls in Form von Sandsteinen und Schiefern mit Resten von Landpflanzen, von Fischen, Amphibien und Reptilien erscheint; allerdings ist der petrographische Habitus hier ein andrer, die rote Farbe der Gesteine tritt zurück.

In erster Linie sind hier die Ablagerungen der vorderindischen Halbinsel zu nennen; dieses uralte Kontinentalgebiet, das seit der paläozoischen Zeit nur vorübergehend an seinen Rändern von Meer überflutet war, enthält ein mächtiges und reichgegliedertes System von pflanzenführenden Schichten. Die wichtigste Abteilung dieses großen Komplexes ist die schon mehrfach erwähnte Gondwanaformation, deren tiefere Abteilungen, die Talchir- und die Damudaschichten, wir als die Vertreter des obern Karbon und der Permformation kennen gelernt haben. Als Vertreter der Trias können die höhern Abteilungen des Gondwanasystemes, namentlich die Panchet- und Rajmahalschichten, gelten[1]. Diese erstern bestehen aus grobkörnigen, dickbankigen Sandsteinen, welche bisher nur eine ziemlich arme Flora, nahe verwandt mit derjenigen der Damudaschichten, geliefert haben; dafür treten einige interessante Wirbeltierformen auf, einige Labyrinthodonten sowie zwei Reptilien, von denen das eine der namentlich in Südafrika verbreiteten Abteilung der Anomodonten, das andre den Dinosauriern angehört. Man wird die Panchets ungefähr der untern Trias gleichstellen können; ein höheres Niveau nehmen die Rajmahalschichten ein, welche an manchen Stellen ungleichmäßig auf ältern Gondwanagesteinen aufliegen und weit weniger als diese gestört sind.



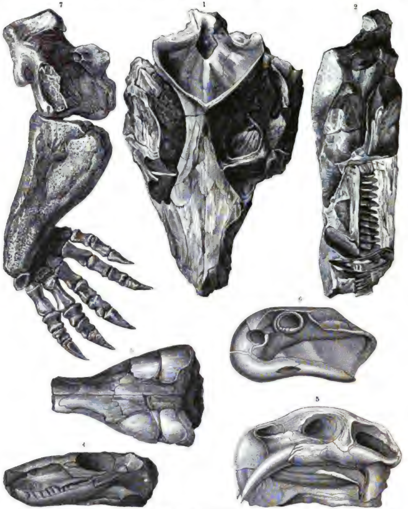
Brontozoum-Fährte und sogenannte fossile Regentropfen, aus dem Connecticutsandsteine. (Nach Dana.)

Der Hauptsache nach bestehen die Rajmahalschichten aus einem Wechsel von geschichteten basaltischen Eruptivgesteinen und deren Tuffen, zu denen sich nur sehr untergeordnet Schieferthone und Sandsteine gesellen. Diese Ablagerungen enthalten eine sehr reiche Flora, welche von derjenigen der Panchet- und Damudaschichten sehr erheblich abweicht, und deren nächste Verwandte in Europa vorwiegend in der obersten Trias, nächstdem im Lias und mittlern Jura auftreten. Auffallend ist vor allem die außerordentliche Menge von Cykadeen oder Sagopalmen und unter ihnen namentlich der für die Trias sehr bezeichnenden Gattung Pterophyllum; fast ebenso häufig sind Farne; auch Nadelhölzer sind in bedeutender Anzahl vorhanden, dagegen die Schachtelhalme seltener. Wahrscheinlich haben wir es hier mit einer obertriadischen Flora zu thun, wenn auch die Altersbestimmung nach den Pflanzen, zumal bei so weit entfernten Ablagerungen, nicht als sicher betrachtet werden kann.

Diese Entwickelung ist jedoch nicht auf die vorderindische Halbinsel beschränkt; ganz übereinstimmende Ablagerungen kommen auch jenseit der Gangesniederung, im östlichen Himalaja, vielleicht auch in Hinterindien, in Tongking, vor. Auch damit ist die Ausdehnung dieser Vorkommnisse durchaus nicht erschöpft, sie treten in großer Entfernung jenseit des

[1] Die indischen Geologen unterscheiden eine größere Anzahl lokaler Gruppen von geringer Verbreitung, deren Beziehungen teilweise noch nicht sicher festgestellt werden konnten, und die daher auch hier nicht erwähnt werden.

Indischen Ozeanes wieder auf, wo sie im südlichen Afrika sehr verbreitet sind. Eine derartige Übereinstimmung zwischen Indien und Südafrika haben wir schon in den jüngern paläo-

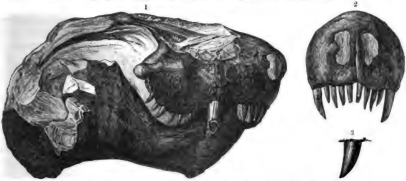


Südafrikanische Anomodontenreste: 1. Schädel von Galesaurus, von oben — 2. von der Seite. — 3. Schädel von Cynodraco, von oben — 4. von der Seite. — 5. Schädel von Dicynodon. — 6. Schädel von Udenodon. — 7. Arm eines Anomodonten. (Nach R. Owen) Vgl. Text, S. 237.

zoischen Ablagerungen kennen gelernt und gesehen, daß die Talchirschichten des Dekhan mit ihren vom Eise transportierten Blöcken den Eccaschichten der Kapkolonie entsprechen. Diese letztern bilden den untersten Teil der sogenannten Karooformation, dann folgen die

versteinerungsarmen Koonapschichten und über diesen als obere Abteilung der ganzen Gruppe ein Schichtkomplex, der, abgesehen von einigen Pflanzen, namentlich durch seine überaus merkwürdigen Wirbeltierreste ausgezeichnet ist. In diesen „Dicynodonschichten“ findet sich eine außerordentlich reiche Gesellschaft von Landreptilien, unter welchen besonders die höchst seltsamen Anomodonten durch ihre merkwürdige Form wie durch die Zahl ihrer Typen hervorragen, außerdem vereinzelte Labyrinthodonten. Neuerdings ist auch ein ziemlich vollständiger Schädel eines Säugetieres von hier beschrieben worden, der vollständigste Rest aus dieser Klasse, der bisher aus vortertiären Ablagerungen näher bekannt geworden ist.

Diese Dicynodonschichten, innerhalb deren man zwei Horizonte, die Beaufortschichten und die Stormbergschichten, unterscheidet, vertreten jedenfalls die Trias; ob sie aber nur die Trias oder etwa auch einen Teil der permischen Formation umfassen, läßt sich noch nicht mit voller Sicherheit entscheiden, doch ist dies ziemlich wahrscheinlich.



Südafrikanische Anomodontenreste: 1. Schädel von Lycosaurus, von der Seite — 2. von vorn — 3. einzelner Zahn desselben. (Nach R. Owen)

Von Anomodonten kennen wir schon eine große Menge verschiedener Gattungen (s. die Abbildungen, S. 236). Leider sind wir nicht über den gesamten Körperbau dieser seltsamen Tiere hinreichend unterrichtet, es sind bis jetzt nur sehr zahlreiche Schädel in die englischen Museen gelangt, während die in Südafrika beschäftigten Sammler den übrigen Knochenteilen wenig Aufmerksamkeit geschenkt zu haben scheinen. Die bekanntesten Vertreter dieser Abteilung sind Udenodon und Dicynodon, Formen, die in ihrem Schädelbaue einigermaßen an Schildkröten erinnern. Bei denselben ist der vordere Teil der Kiefer zu einem schneidenden Schnabel entwickelt, wie er den Schildkröten eigen ist; bei Udenodon fehlen die Zähne vollständig, bei Dicynodon sind im Oberkiefer zwei mächtige, hauerartig vorspringende, dolchförmige Zähne vorhanden. Abgesehen davon sind die Unterschiede zwischen beiden sehr geringfügiger Natur, so daß man sogar gedacht hat, beide Formen gehörten zusammen, und zwischen ihnen beständen nur Geschlechtsunterschiede: Dicynodon wäre dann das mit kräftigen Hauern bewehrte Männchen, Udenodon das Weibchen gewesen, doch ist ein hinreichender Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung nicht erbracht. In der großen Zahl der Kreuzbeinwirbel scheinen sich diese Tiere den Dinosauriern genähert zu haben, während andre Merkmale im Baue der Wirbelsäule und des Schädels auch Anklänge an niedriger organisierte Typen der Krokodile und an Eidechsen zeigen.

Andre Anomodonten sind mit einer sehr reichen Bezahnung versehen, und sie fallen namentlich durch die sehr eigentümliche Differenzierung ihrer Zähne auf, welche in vieler Beziehung an die Entwickelung bei den Säugetieren erinnert: im Zwischenkiefer finden sich

verhältnismäßig kleinere Zähne, den Schneidezähnen der Säuger entsprechend, dann folgt im Beginne des Oberkiefers dicht neben dem Zwischenkiefer ein sehr kräftig entwickelter, stark vorspringender Zahn, der dem Eckzahne analog ist, und hinter diesem steht eine Reihe von Zähnen, die mit Backenzähnen verglichen werden können. Owen hat für diese in ihrem Gebisse so eigentümlich charakterisierten Formen eine eigne Klasse der „Theriodonten" gebildet. Die Analogie im Gebisse brachte ihn zu der Annahme, daß diese Formen geradezu die Vorfahren unsrer Raubtiere gewesen seien, und er fand sich namentlich noch durch eine Eigentümlichkeit in dieser Auffassung bestätigt; die Raubtiere zeigen nämlich teilweise eine Durchbohrung des Oberarmknochens für den Durchtritt einer Arterie, und ganz dasselbe Merkmal finden wir auch bei den südafrikanischen Theriodonten. Allein ein ähnliches Loch im Oberarmknochen tritt auch bei andern Reptilien auf, und auch der Gliederung des Gebisses kann keine hinreichende Wichtigkeit beigelegt werden, um eine so überaus weittragende Hypothese wahrscheinlich erscheinen zu lassen. Wir betrachten die Theriodonten als eine Unterabteilung der Anomodonten, die uns einen durchaus eigentümlichen Typus räuberischer Reptilien darstellt; von der Gesamterscheinung dieser merkwürdigen Tiere können wir uns leider keine hinreichende Vorstellung machen, ebensowenig wie von derjenigen der Dicynodonten und Udenodonten, aber jedenfalls waren es außerordentlich seltsame Geschöpfe, mit denen sich nichts andres in der gesamten Tierwelt vergleichen läßt.

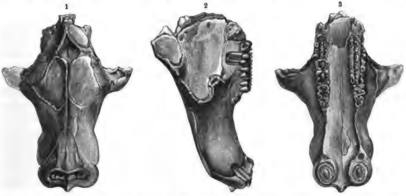
Vor kurzem ist auch ein ziemlich vollständiger Säugetierschädel in der Karooformation gefunden worden, der erste Säugerrest, der bisher von hier bekannt geworden ist, und gleichzeitig der einzige wohlerhaltene Säugetierschädel, den wir überhaupt aus der Trias kennen[1] (s. Abbildung, S. 239). Dieses Tier hat nach den kegelförmigen Spitzen seiner Zähne den Namen Tritylodon erhalten und weicht weit von allen andern bekannten Säugetierformen ab, nur der oben erwähnte Zahn von Triglyphus aus dem Bonebed Württembergs zeigt große Ähnlichkeit mit den Backenzähnen von Tritylodon. Die Bezahnung erinnert einerseits an Nagetiere, speziell an das Gebiß des Hasen, wenigstens in den Schneidezähnen; aber noch größer ist die Verwandtschaft mit Beuteltieren. Jedenfalls aber ist der ganze Bau sehr weit davon entfernt, einen Sammeltypus in dem Sinne zu zeigen, wie es etwa von einer Stammform aller spätern Säugetiere erwartet werden könnte; im Gegenteile sehen wir das Gebiß sehr reduziert und spezialisiert, so daß wir es hier mit einem extremen Ausläufer zu thun haben, der die Existenz von zahlreichen ältern Säugetierformen mit Notwendigkeit voraussetzt.

Haben wir auch in der Ähnlichkeit der Zähne von Tritylodon und Triglyphus ein Band, welches die Karooformation an die deutsche Trias knüpft, und mag auch in dem gemeinsamen Vorkommen der Labyrinthodonten eine weitere Beziehung gefunden werden, so ist doch im allgemeinen die Verwandtschaft sehr gering; die Floren sind weit verschieden, vor allem aber bildet das Auftreten der Anomodonten und Theriodonten einen außerordentlich scharfen Kontrast. In Südafrika finden sie sich in außerordentlicher Zahl und Formenmenge, und wenn auch ziemlich spärlich, kommen sie doch in einigen nahe verwandten Formen auch in Ostindien vor; außerdem sind von Twelfetrees in der Gegend von Orenburg am Südende des Urals in permischen Ablagerungen Reste gefunden worden, welche in dieselbe Gruppe zu gehören scheinen, und nach Trautschold sind solche auch bei Kasan an der untern Wolga vorhanden, und ein vereinzelter Anomodontenrest ist in neuester Zeit durch Judd im nördlichen Schottland entdeckt worden. Dagegen hat sich in den so vielfach untersuchten Perm- und Triasbildungen von Deutschland, England 2c. noch nie die geringste Spur eines solchen Tieres gezeigt, während man eine große Menge von andern Wirbeltierresten, verschiedenartigen Stegocephalen, Dinosauriern, Belodonten 2c., von hier kennt; auch Amerika hat nichts derartiges geliefert.

[1] Tritylodon stammt wahrscheinlich aus den sogenannten Stormbergschichten, der obersten Abteilung der Karooformation.

Unter diesen Umständen ist es sehr wahrscheinlich, daß Anomodonten in unsern Gegenden überhaupt nicht gelebt haben, während sie in östlich und südlich gelegenen Gegenden und vielleicht auch im Norden vorkamen. Wir haben also hier in der Verteilung der Landbewohner Andeutungen einer Gliederung in zoogeographische Provinzen, welche gut mit derjenigen übereinstimmt, die bei den Damudapflanzen zu beobachten ist. Vor allem tritt die große Verwandtschaft der südafrikanischen mit den indischen Formen hervor, und wir finden hier einen neuen Beweis für die Annahme, daß in alter Zeit eine den heutigen Indischen Ozean großenteils deckende Festlandsverbindung zwischen der äthiopischen und der indischen Region vorhanden war, und möglicherweise erstreckte sich dieser Kontinent bis nach Australien. Ob diese letztere Vermutung richtig ist, oder ob in der australischen Region ein selbständiges Festland vorhanden war, läßt sich wohl jetzt noch nicht entscheiden; jedenfalls aber

1 2 3



Schädel von Tritylodon, einem Säugetiere aus der Karooformation Südafrikas. (Nach R. Owen.) 1. von oben — 2. von der Seite — 3. von unten. Vgl. Text, S. 238.

sehen wir in jener Zeit auf der östlichen Halbkugel eine große Anhäufung von Land in der Äquatorialgegend und in den nahe südlich davon gelegenen Regionen. Da auch Südamerika damals schon festes Land war und nicht mit Nordamerika zusammenhing, so finden wir, daß überhaupt in der heißen Zone damals viel mehr Land lag als heute.

So treten einige Züge der geographischen Gliederung der Erde allmählich aus dem Dunkel hervor, aber noch sind die Verhältnisse der Trias für eine genauere Feststellung nicht hinreichend genau bekannt; erst in den jüngern Formationen werden wir uns ein klareres Bild von der Verteilung von Wasser und Land machen können und dann sehen, daß jene Eigentümlichkeiten, die wir hier erkennen konnten, sich noch durch lange Zeiträume erhalten haben.

Die alpine (pelagische) Trias.

Die deutsche Trias hat den Ausgangspunkt unsrer Betrachtung gebildet, wir haben hier Binnenablagerungen und Bildungen aus beschränkten, wahrscheinlich etwas schwach gesalzenen Meeresbecken kennen gelernt; im Anschlusse daran haben wir auch die übrigen Binnenentwickelungen der Trias besprochen, diejenigen in England, Nordamerika, Indien, Südafrika &c. Bei dem Studium der geschichteten Ablagerungen geben aber mit vollstem Rechte die Meeresbildungen den Typus ab, auf den alle andern Vorkommnisse zurückgeführt werden, und mit diesem haben wir uns bis jetzt noch nicht beschäftigt; der eingeschlagene Weg, der die zuerst

untersuchten Gegenden zum Ausgangspunkte machte, hat uns an der hoch marinen Entwickelung der Trias vorübergeführt, und wir müssen das Versäumte hier nachholen.

Die ausgezeichnetste Ausbildung der marinen Trias finden wir in den Ostalpen; östlich von der Rheinlinie setzen die ungeheuern Kalk- und Dolomitmassen der Trias mächtige Gebirgszüge zusammen, sie bilden die Hauptmasse der nördlichen wie der südlichen Kalkzone, während westlich davon, in der Schweiz und weiterhin in den französischen Alpen, die Trias zurücktritt und in einer Form entwickelt scheint, die sich eher dem mitteldeutschen Typus nähert. Die hoch marine Entwickelung der Trias ist übrigens nicht auf die Ostalpen beschränkt, sie findet sich in ähnlicher, wenn auch minder reicher Weise in den Karpathen und in Sizilien wieder, dann im Himalaja, auf der hinterindischen Insel Timor, in Japan, auf Neukaledonien, Neuseeland und ferner im westlichen Teile Nordamerikas, in Kalifornien, Nevada und Idaho, sowie in Südamerika in Peru. Endlich fehlen auch Vertreter in den nordischen Regionen nicht, sie kommen in mehreren Teilen Sibiriens und auf Spitzbergen in ausgezeichneter Entwickelung vor.

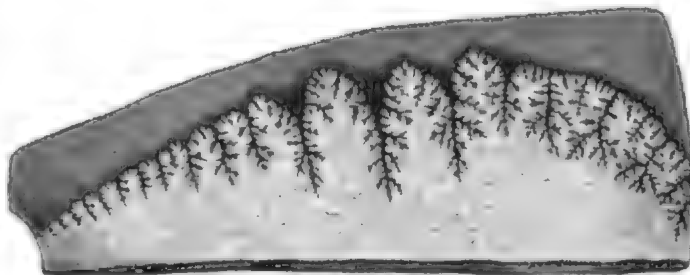
Man hat infolgedessen oft gesagt, die Trias in diesen Ländern sei nach alpinem Typus entwickelt, und dieser habe größere und allgemeinere Verbreitung als der außeralpine, und man kann dem auch der Hauptsache nach beistimmen, wenn auch der Ausdruck nicht eben glücklich gewählt ist. Die Entwickelung, wie wir sie in den Ostalpen finden, ist eine rein marine, während in Mitteldeutschland, England ꝛc. eine Binnenausbildung vorhanden ist; naturgemäß ist auch die erstere viel verbreiteter als die letztere. Die sämtlichen Triasablagerungen des offenen Meeres aber als alpin zu bezeichnen, ist nicht gerechtfertigt, zumal da wir bei andern Formationen unter alpinem Typus etwas ganz andres verstehen.

Die Gliederung und das Verständnis der alpinen Trias haben, wie die Alpengeologie überhaupt, sich verhältnismäßig spät entwickelt, ja man kann sagen, daß gerade die ungeheuern Massen versteinerungsarmer Kalke und Dolomite und die bis dahin durchaus fremdartige Fauna der Trias beim Studium der Alpen die allergrößten Hindernisse gebildet haben. Diesen Schwierigkeiten gegenüber griff man zu dem Auskunftsmittel, die verschiedenen ostalpinen Kalke, unter welchen diejenigen der Trias die Hauptrolle spielen, als Alpenkalk in einen Komplex zusammenzufassen, den man nun irgendwie in der Reihe der geologischen Formationen unterzubringen suchte; lange Zeit hindurch hielt man denselben für einen Vertreter des permischen Zechsteines, aber je mehr man sich mit eingehenden Studien an diesen rätselhaften Alpenkalk machte, um so größer wurden die Schwierigkeiten, um so mehr häuften sich die Widersprüche. Man überzeugte sich allmählich, daß sich in dem sogenannten Alpenkalke Glieder der Trias, des Jura und der Kreideformation befanden, und namentlich durch die Arbeiten Franz v. Hauers gelang es, den Alpenkalk ganz aus der Geologie zu verbannen und den verschiedenen unter diesem Namen zusammengeworfenen Gebilden ihren Platz im geologischen Systeme anzuweisen.

Inzwischen war man auch durch Klipstein, Münster, Hauer und Quenstedt näher mit der Tierwelt der alpinen Trias bekannt geworden, welche durch ihre Zusammensetzung in hohem Grade überraschte und anfangs zu mannigfachen Mißdeutungen Anlaß gegeben hatte. Man war gewöhnt, die Fauna des außeralpinen Muschelkalkes als das Muster für die ganze Trias zu betrachten, die Ammonitiden sollten nur durch Ceratiten vertreten sein, Ammoniten mit rings gezackten Loben sollten erst im Jura erscheinen, Goniatiten dagegen, ferner Orthoceren und andre paläozoische Formen schon ausgestorben sein. Da berichtete man, daß bei St. Cassian im Abteithale in Südtirol Ammoniten, Goniatiten und Orthoceren beisammen in einem und demselben Horizonte vorkommen, von Hallstatt und Aussee im Salzkammergute wurde dasselbe gemeldet, und so schienen auf einmal mit dem Eintritte in das unheimlich rätselhafte Gebiet der Alpenkalke alle Regeln der Geologie und Paläontologie

umgestürzt. Man versuchte eine Zeitlang sich noch damit zu helfen, daß man alle derartigen Beobachtungen für irrtümlich erklärte, allein auch das wurde bald unmöglich, als man in dem Mineralienkabinette zu Wien ein Stück roten Kalkes von Hallstatt mit einem Ammoniten und einem Orthoceras vorzeigen konnte, dem gegenüber kein Zweifel mehr gestattet schien[1].

Was sollte man nun aber aus den Gesteinen machen, in welchen sich diese seltsame Mischfauna fand? Man dachte daran, sie für obern Jura oder untere Kreide zu erklären, allmählich aber befestigte sich die Ansicht, daß man es mit Trias zu thun habe. Jetzt bei genauerer Kenntnis der Verhältnisse erscheint auch die Vergesellschaftung der Tiere hier gar nicht auffallend; heute sehen wir ein normales Glied der sich entwickelnden Organismenwelt in diesen Vorkommnissen; der verarmten Muschelkalkfauna fehlen manche der paläozoischen Typen, die hier zuletzt erscheinen, ebenso wie neue Formengruppen, die in der Trias auftauchen, und es ist keinerlei befremdende oder mit der allgemeinen Erfahrung im Widerspruche stehende Erscheinung zu nennen. Es ist das genau dasselbe Verhältnis, wie wir es bei der Marinfauna der permischen Formation kennen gelernt haben; auch hier haben die aus dem offenen Meere stammenden Ablagerungen des indischen und armenischen Produktenkalkes ꝛc. weit mehr verwandtschaftliche Beziehungen zu den ältern karbonischen und zu den jüngern triadischen Ablagerungen als der in einem Innenmeere abgelagerte Zechstein mit seiner ziemlich selbständigen Fauna, und wir dürfen das um so sicherer aus der Natur der beschränkten Becken erklären, in welchen diese Bildungen entstanden.


Loben von Pinacoceras Metternichi. (Nach Quenstedt.)

Weitaus der wichtigste Charakterzug der pelagischen Trias ist ihr gewaltiger Reichtum an Ammonitiden, deren wohl 1000 verschiedene Formen bekannt sind, und wenn auch an Artenzahl der Jura nach dem heutigen Stande unsrer Kenntnisse weitaus überlegen zu sein scheint, so können sich doch die spätern Formationen, was Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit der Typen betrifft, nicht mit der Trias messen. Die großartigen Arbeiten von Hauer und Mojsisovics lehren uns eine so ungeahnte Fülle weit voneinander abweichender und teilweise parador geformter Ammonitiden kennen, daß man immer und immer wieder über diese Formenpracht erstaunt. Manche unter ihnen sind in ihrem Lobenbaue noch auf dem Goniatitenstadium, andre zeigen die einfache Lobenzähnung des Ceratitenstadiums, während die Mehrzahl rings gezackte und verzweigte Suturen aufweist, ja seltsamerweise treten gerade hier in der Trias und zwar in deren oberer Hälfte diejenigen Ammonitiden auf, welche überhaupt den größten Reichtum und die stärkste Komplikation des Lobenbaues haben; Pinacoceras Metternichi und seine Verwandten werden in dieser Beziehung von keiner Form des Jura oder der Kreideformation auch nur entfernt erreicht (s. obenstehende Abbildung).

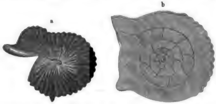
Es ist natürlich nicht möglich, hier auf diese große Formenmenge einzugehen, nur wenige Beispiele mögen eine schwache Vorstellung von der großen Mannigfaltigkeit dessen geben, was hier vorhanden ist; bei Besprechung der einzelnen Abteilungen der Trias wird

[1] Es ist eine eigentümliche Ironie des Schicksals, daß der angebliche Orthoceratit in diesem vielbesprochenen Stücke sich später als der Phragmokon eines Aulacoceras erwies, so daß also eigentlich das Exemplar gar nichts beweist.

sich Gelegenheit ergeben, noch einige weitere geologisch wichtige Arten vorzuführen. In der Familie der Arcestiden mit ausgeblasenem, meist kugeligem Gehäuse und langer Wohnkammer repräsentieren uns die Arcesten (s. untenstehende Abbildung), Cladisciten und ihre Verwandten den Typus mit sehr reicher Lobenentwickelung, während die seltsam geformten

Arcestes intuslabiatus, aus dem Hallstätter Kalke. a Von vorn — b von der Seite. (Nach Mojsisovics.)

Lobiten auf der einfachsten Suturenstufe zurückgeblieben sind (s. untenstehende Abbildung). Einen auffallenden Kontrast zu diesen dicken Schalen zeigen die größtenteils außerordentlich hochmündigen und flachen Pinakoceraten mit unübertroffen reicher und komplizierter Suturlinie bei Pinacoceras selbst, während der sehr einfache Lobenbau sich, in fremdartiger Weise ausgebildet, bei Sageceras erhalten hat. Alle diese Typen sind auf die Trias beschränkt und sind noch nie in jüngern Ablagerungen gefunden worden; dasselbe gilt von der Familie der Trachyceratiden, welche in der untern Trias mit Formen von noch sehr einfachem Lobenbaue (Tirolites, Dinarites) beginnen (s. Abbildung, S. 243 links); dann folgen Typen mit höher entwickeltem, aber noch immer ceratitischem Lobenbaue (z. B. Ceratites), endlich in der obern Trias werden rings gezackte Loben herrschend, doch bleiben dieselben bei allen Angehörigen dieser Familie verhältnismäßig einfach und zeigen nur eine gleichmäßige Zähnelung, keine Verästelung. Hierher gehört die für die obere Trias überaus charakteristische Gattung Trachyceras mit einer Furche auf der Externseite und einer Skulptur, in welcher die zahlreichen Rippen in Knotenreihen aufgelöst erscheinen (s. Abbildung, S. 243 rechts). Dazu gesellen sich die faßartig geformten Tropiten und eine Reihe andrer Formen, unter welchen namentlich einige auffallen, welche die normale Spirale verlassen und unregelmäßige Gestalt annehmen. So bilden viele Formen von Choristoceras eine lose Spirale, deren einzelne Windungen sich nicht berühren,



Lobites delphinocephalus: a Seitenansicht — b Durchschnitt eines Exemplares. (Nach Hauer.)

Cochloceras hat ein hochgetürmtes, schneckenartiges Gehäuse, und Rhabdoceras ist gerade, stabförmig gestreckt. Im ganzen sind diese unregelmäßigen Formen nicht sehr verbreitet, allein es knüpft sich an deren Auftreten ein eigentümliches Interesse; wir werden sehen, daß im Verlaufe der geologischen Geschichte diese Erscheinung sich bei sehr vielen verschiedenen Stämmen der Ammonitiden wiederholt; in Trias und Jura kommen solche Typen allerdings nur spärlich vor, es ist, als ob die Natur mißlungene Versuche zur Produktion derartiger Formen gemacht hätte, sie verschwinden sehr rasch wieder, und erst in der Kreidezeit erscheinen sie in ganzen Massen und siedeln sich dauernd an. Natürlich bildet die Erklärung solcher Verhältnisse ein schwieriges Problem, das die Aufmerksamkeit des Paläontologen in hohem Grade fesselt.

Neben diesen der Trias eigentümlichen Gruppen finden sich auch andre, welche dadurch von Wichtigkeit werden, daß sie die Vorfahren von Abteilungen sind, welche in spätern Formationen eine weit größere Rolle spielen; die Gattungen Phylloceras, Lytoceras und Amaltheus haben in der alpinen Trias ihre Vorläufer, und in den höchsten Schichten erscheint auch die Gattung Psiloceras, welche zu Beginn des Jura unter allen die wichtigste Rolle spielt.

Tirolites carniolicus, aus der untern Trias. (Nach Mojsisovics.) Vgl. Text, S. 242.

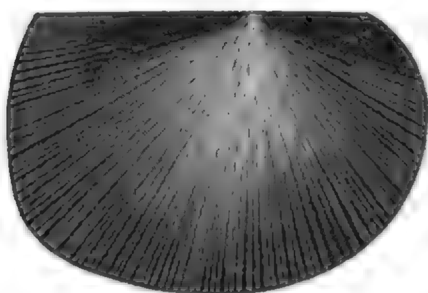
Trachyceras Aon, von St. Cassian. (Nach Mojsisovics.) Vgl. Text, S. 242.

Von andern Cephalopoden sind die in der paläozoischen Zeit so überaus reichlich vertretenen Nautiliden nur noch in zwei Gattungen vorhanden: die Orthoceren erscheinen in ihren letzten Repräsentanten, und Nautilus, die einzige Sippe, die sich bis auf den heutigen Tag erhält, hat eine große Zahl teilweise durch außerordentlich reiche Skulptur ausgezeichneter Formen. Dazu gesellt sich hier eine neue Abteilung der Cephalopoden, die Belemnitiden, welche in der ganzen mesozoischen Zeit und namentlich in Jura und Kreide ganz außerordentliche Wichtigkeit und Verbreitung besitzt. Die echten Belemniten sind in der Trias bis jetzt noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen, dagegen treten hier zwei andre Sippen auf, nämlich Atractites und Aulacoceras, welche nahe miteinander verwandt sind. Bei beiden ist eine langgestreckte, gekammerte Schale (Phragmocon) vorhanden, welche auf den ersten Blick einem Orthoceras genau gleicht, aber, abgesehen von dem randlich gelegenen Sipho, namentlich dadurch charakterisiert ist, daß der erste Anfang der Schale nicht wie bei den Nautiliden kegelförmig ist und an der Spitze eine Narbe hat, sondern wie bei einigen der geologisch ältesten Ammoniten aus einer eiförmigen Blase besteht. Zu dem gekammerten Gehäuse gesellt sich aber noch ein zweiter, wichtiger Teil: die Keule oder das Rostrum; die gekammerte Schale steckt nämlich mit ihrem untern spitzen Teile in einem keulenförmigen oder kegelförmigen Teile aus lockerm, schwammigem Kalke, welcher bei Atractites glatt, bei Aulacoceras mit Längsstreifung versehen ist.

Im Vergleiche zu den Cephalopoden spielen alle andern Tierformen in der alpinen Trias eine unbedeutende Rolle; die Gastropoden oder Schnecken haben zwar eine sehr

bedeutende Zahl von Arten aufzuweisen, aber in den bis jetzt näher untersuchten Gegenden haben nur sehr wenige eine etwas größere Verbreitung, die Mehrzahl derselben ist an einigen wenigen Örtlichkeiten angehäuft, unter denen namentlich St. Cassian im Abteithale in der Südtiroler Dolomitregion und Esino am Comersee hervorragen. Nur einige große, dickschalige Formen aus der Gattung Chemnitzia sind durch größere Verbreitung in den riffartigen, weißen Kalken ausgezeichnet, welche in ungeheurer Mächtigkeit an vielen Punkten der Ostalpen vorkommen.

Im gesamten Charakter trägt die Schneckenfauna ein ähnliches Gepräge, wie wir es bei den Cephalopoden gefunden haben. Eine Anzahl geologisch alter Typen, welche in der paläozoischen Zeit sehr verbreitet sind, tritt hier zum letztenmal auf, wir finden die letzten Vertreter der Gattungen Porcellia, Murchisonia, Macrocheilus, Holopella, Loxonema rc., aber neben ihnen erscheinen auch die Vorboten der spätern Entwickelung in den ältesten Repräsentanten derjenigen Schnecken, bei welchen der untere Teil der Mündung in einen Kanal ausgezogen ist. Auch sonst gesellen sich noch viele entschieden moderne Typen dazu, so daß wir auch hier in der Fauna ein Bindeglied zwischen der paläozoischen und der jüngern Entwickelung und eine neue Bestätigung der Ansicht finden, daß keine unvermittelte Lücke die Tierwelt der mesozoischen von jener der paläozoischen Zeit trennt.


Daonella Lommeli, aus den Wengener Schichten. (Nach Mojsisovics.)

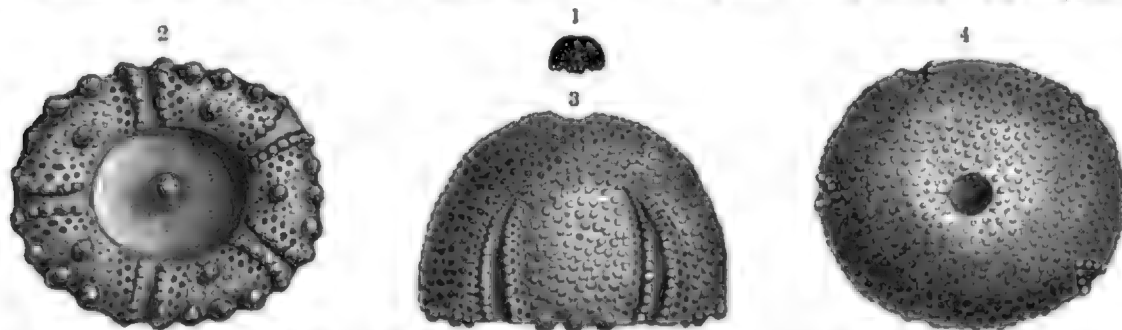
Wichtiger sind für den Geologen die Muscheln; die überaus flachen, papierdünnen Schalen der Gattungen Halobia und Daonella (s. Abbildung) mit eingeschnittenen, vertieften Radiallinien auf der Oberfläche, die ebenfalls sehr flachen, mit erhabener Skulptur versehenen Monotis und Pseudomonotis finden sich oft in zahlloser Menge zusammengehäuft und gehören zu den bezeichnendsten Vorkommnissen von den Alpen bis Neuseeland und von Spitzbergen und den Rändern des Ochotskischen Meeres bis zu den Höhen der südamerikanischen Anden und des Himalaja. Eine andre außerordentlich bezeichnende Sippe ist die schon im Devon vorkommende Gattung Megalodus, überaus dickschalig, mit mächtig entwickeltem Schlosse und stark vorspringenden, eingerollten Wirbeln, welche in den Alpen und Karpathen zu den häufigsten Vorkommnissen gehört, aber auch im Hindukusch und im Himalaja gefunden worden ist. Megalodus ist das bezeichnendste Fossil für die Massen heller Kalke, welche in den Alpen eine so große Rolle spielen. Allerdings sind gut erhaltene Exemplare dieser oft riesig großen Muscheln immerhin ziemlich selten; in der Regel stecken sie so fest im Gesteine, daß keine Möglichkeit vorhanden ist, sie aus demselben loszulösen; nur an wenigen bevorzugten Stellen gelingt dies. An andern Orten ist die Schale aufgelöst und verschwunden, man findet nur deren innere Ausfüllung mit Kalk, den Steinkern, der aber gerade bei der außerordentlichen Dickschaligkeit nur eine unvollkommene Idee von der Gestalt gibt. Weitaus am häufigsten sieht man an den abgewitterten Felsplatten und -Wänden die herzförmigen Durchschnitte dieser Muscheln, die man namentlich auf den wilden Kalkhochflächen der Nordalpen, dem Dachsteingebirge, dem Steinernen Meere rc., oft in Menge trifft. Auch den Jägern und Hirten, welche diese Regionen durchwandern, sind diese Dinge wohlbekannt, sie wissen von den „versteinerten Herzen" oder den „Hirschtritten" zu erzählen. Außer diesen findet sich noch eine Unzahl andrer Muscheln, unter welchen die Myophorien als auf die Trias beschränkt besonders hervorzuheben sind; aber auch andre liefern eine Menge bezeichnender Leitfossilien, so die Gattungen Lima, Avicula, Gervillia rc.

Die Brachiopodenfauna ist keine reiche; sie erhält durch das vollständige Vorwiegen der Gattung Terebratula mit schleifenförmigem Armgerüste ein modernes Gepräge, aber

daneben finden wir in Spiriferina, Spirigera, Retzia und andern noch Ausläufer der paläozoischen Fauna, welche teils in der Trias, teils im untern Teile des Jura, im Lias, erlöschen.

Alle andern Tierklassen treten gegen die Schaltiere weit zurück; die Seeigel sind durch eine Anzahl von Arten der Gattungen Cidaris, Tiarechinus (s. untenstehende Abbildung) und Hypodiadema ausgezeichnet, die aber bis auf einige Vorkommnisse in den höchsten Schichten, wenigstens was gut erhaltene Exemplare anlangt, fast ganz auf die eine Lokalität (St. Cassian) beschränkt sind. Von Krinoiden ist nur die Gattung Encrinus durch vollständige Reste vertreten. Korallen sind zwar stellenweise in Menge vorhanden, aber meist sehr schlecht erhalten, und sie sind noch nicht eingehend genug untersucht worden, um ein sicheres Urteil über ihren Charakter zu gestatten. Endlich sind einige Reste von Schwämmen und Foraminiferen gefunden worden, doch sind dieselben ohne wesentliche Bedeutung.

Noch ist es notwendig, einige Worte über die höher organisierten Formen beizufügen; in der obern Trias von Raibel in Kärnten sind einige Krebse gefunden worden, und dieselbe Lokalität sowie Seefeld bei Zirl in Nordtirol haben auch einige schmelzschuppige



Tiarechinus princeps, von St. Cassian in Tirol: 1. in natürlicher Größe — 2—4. vergrößert — 2. von unten — 3. von der Seite — 4. von oben.

Fische geliefert. Trümmer der Reptiliengattung Nothosaurus, die oben aus dem außeralpinen Muschelkalke genannt wurde, kommen auch in den Alpen vor, und zu ihnen gesellen sich, wie es scheint, auch Spuren der Gattung Ichthyosaurus, welche dann im Jura so große Bedeutung erreicht. Allerdings enthalten die Museen nur wenige, ziemlich schlecht erhaltene Wirbel von Tieren dieser Sippe, aber vor vielen Jahren soll im alpinen Muschelkalke bei Reifling auf der Grenze zwischen Oberösterreich und Steiermark ein ziemlich vollständiges Skelet gefunden worden sein, welches lange Zeit in dem Kloster zu Admont an der Enns aufbewahrt wurde; dasselbe ist aber nie näher untersucht, sondern nur eine Photographie dem bekannten Paläontologen Hermann v. Meyer vorgelegt worden, welcher die Reste solchen von Ichthyosauriern aus dem Lias überaus ähnlich, wo nicht damit übereinstimmend fand. Leider ist das Stück bei dem großen Brande der prachtvollen alten Abtei vor mehreren Jahren mit vernichtet worden, und so bleiben immer noch einige Zweifel, ob dasselbe denn wirklich von Reifling stammte, oder ob etwa eins der zahllosen Exemplare von Ichthyosauren aus Württemberg, die ja in keiner größern Sammlung fehlen, seinen Weg nach Admont gefunden hat und etwa nur eine Verwechselung der Fundortsangabe vorliegt. Gegen die letztere Annahme spricht allerdings die Thatsache, daß in dem Kalke von Reifling bisweilen Wirbel von Ichthyosaurus vorkommen; vielleicht wird im Laufe der Zeit dort nochmals ein glücklicher Fund gemacht.

An einigen Punkten hat die alpine Trias auch Reste von Landpflanzen geliefert. Bei Recoaro, nördlich von Vicenza, enthält der Muschelkalk eine große Anzahl von Zweigen eines Baumes aus der Abteilung der Nadelhölzer, welcher mit den südamerikanischen Araukarien einige Verwandtschaft zeigt. In der obern Trias kommen namentlich bei Raibel in Kärnten und bei Lunz in Niederösterreich zahlreiche prächtige Pflanzenabdrücke vor,

welche in ihrem ganzen Typus mit denjenigen des außeralpinen Keupers vielfach übereinstimmen. Ganz außerordentliche Häufigkeit und Verbreitung erreichen in den alpinen Triaskalken gewisse marine Pflanzen aus der Abteilung der Kalkalgen, die sogenannten Daktyloporen, welche sich den jetzt lebenden Siphoneen anschließen. Es sind das Algen, bei welchen die Stiele eine bald mehr, bald weniger dicke Kalkkruste absondern; diese Kruste wird durch die wirtelförmig um den Stiel gruppierten Seitenäste durchsetzt, und dieselbe umschließt auch kugelförmige Sporangien, Zellen, welche die Schwärmsporen der Pflanze enthalten. Wenn nun eine solche Pflanze abstirbt, so werden die organischen Teile, die Stiele, zerstört, die umgebenden Kalkkrusten aber erhalten sich und kommen fossil vielfach vor; ein solcher Rest wird äußerlich die Form eines hohlen Cylinders haben, dessen innere Höhlung dem verschwundenen Stiele entspricht, die Wände des Cylinders werden von geraden Kanälen, welche den Seitenästen entsprechen, durchzogen und außerdem in den Wandungen runde Höhlungen zu sehen sein, welche die Sporangien umschlossen. Lange Zeit hindurch blieb die wahre Natur dieser sonderbaren Körper, die sich in vielen Ablagerungen finden, durchaus rätselhaft, und sie wurden abwechselnd bei den Foraminiferen, den Korallen und Bryozoen untergebracht, bis Munier-Chalmas ihre Beziehungen zu den Siphoneen und speziell zu den lebenden Cymopolien nachwies. Solche Versteinerungen finden sich in vielen ältern Formationen, vom Tertiär bis zurück in die Trias, vor, und in der letztern erlangen sie ihre gewaltigste Entwickelung an Mannigfaltigkeit, Größe und Massenhaftigkeit des Vorkommens, ja in manchen Ablagerungen treten sie geradezu felsbildend auf. Durch die Untersuchungen von Gümbel ist eine bedeutende Anzahl von Formen unterschieden worden, unter welchen namentlich Gyroporella außerordentlich verbreitet ist (s. nebenstehende Abbildung).

Gyroporella, aus der alpinen Trias. (Nach Gümbel.)

Die Entzifferung der Aufeinanderfolge der Ablagerungen in den Ostalpen, dem klassischen Gebiete der marinen Trias, bot ganz außerordentliche Schwierigkeiten; in erster Linie bilden die starken Störungen der Lagerung ein sehr bedeutendes Hindernis, allein noch weit ungünstiger wirkte die Art der Entwickelung der Schichten auf den Fortschritt der Erkenntnis. Ist auch die Menge der Versteinerungen eine große, der Reichtum der Faunen ein bedeutender, so ist doch deren Verteilung sehr ungleichmäßig. Während an manchen Punkten die Fossilreste in einer Menge angehäuft liegen, wie wir sie nur selten anderwärts wiederfinden, ist deren Zahl in der großen Mehrzahl der Gesteine eine sehr geringe, die Erhaltung eine sehr schlechte, und gerade diejenigen Formen, welche am häufigsten und allgemeinsten über weite Strecken vorkommen, haben sehr wenig Charakteristisches, so daß sie für die Bestimmung des Alters von geringem Nutzen sind. So verhält es sich mit den oben erwähnten dickschaligen Megalodonten, welche in Kalken aus sehr verschiedenen Horizonten der Trias in einander sehr ähnlichen und bei dem gewöhnlichen ungünstigen Erhaltungszustande schlechterdings nicht zu unterscheidenden Arten auftreten. Vor allem aber wirkt der überaus rasche und intensive Facieswechsel verwirrend, welcher einen und denselben Horizont auf kurze Strecken bald in Form von mächtigen, fast ungeschichteten Dolomiten, dann wieder von weichen Mergeln oder wohlgeschichteten Kalkbänken zeigt, während eine und dieselbe Ausbildungsart in den verschiedensten Horizonten wiederkehrt.

Den vereinigten Anstrengungen zahlreicher Forscher ist es endlich gelungen, das scheinbare Chaos zu entwirren und wenigstens in den großen Hauptzügen die Ausbildung der Trias in den Alpen klarzulegen. Für die Nordalpen haben namentlich die Untersuchungen von Escher, Gümbel und Hauer bahnbrechend gewirkt, während in den Südalpen Richthofen die wichtigsten Grundlinien für einen Teil des Gebietes festgestellt und Benecke unsre Kenntnis wesentlich erweitert hat. In neuerer Zeit hat Mojsisovics auf Grund

eingehender paläontologischer Untersuchung eine konsequente Gliederung der gesamten alpinen Triasbildungen angebahnt.

Die Abgrenzung der Trias gegen die tiefer liegenden permischen Ablagerungen bietet in den Alpen einige Schwierigkeit. Über den im vorigen Abschnitte erwähnten roten Sandsteinen mit Pflanzenresten des Rotliegenden, den Grödner Sandsteinen, folgt in sehr vielen Teilen der Alpen unmittelbar ein Schichtkomplex, welcher mit dem Namen der Werfener Schiefer belegt wird, nach dem Markte Werfen an der Salzach, südlich von Salzburg, wo diese Bildungen ausgezeichnet entwickelt sind. Es sind das meist dunkelrote, etwas sandige Schiefer, häufig und namentlich in der Oberregion mit eingeschalteten kalkigen Bänken; in diesen höhern Lagen (Campiler Schichten) findet sich eine Anzahl von Ammoniten mit sehr einfachen Ceratitenloben, unter welchen namentlich Tirolites Cassianus eine hervorragende Rolle spielt und als bezeichnendes Leitfossil gilt, während in den tiefern Schichten (Seißer Schichten) Monotis Clarae in großer Zahl vorkommt. Von andern häufigen Arten ist eine kleine Schnecke zu nennen, Naticella costata, und zwei Muscheln, Myophoria costata und Myacites Fassaensis, welche auch außerhalb der Alpen im obersten Teile des bunten Sandsteines, dem sogenannten Röt, häufig sind. Unter diesen Umständen kann der Komplex der Werfener Schiefer ungefähr dem außeralpinen Buntsandsteine gleichgestellt werden, und da die erstern auch mit dem Röt in der Gesteinsentwickelung viele Ähnlichkeit haben, so finden wir in dieser Stufe noch ziemlich große Übereinstimmung zwischen beiden Gebieten.

Wenn wir in dieser Weise eine ungefähre Parallele zwischen Werfener Schiefern und Buntsandstein annehmen, so müssen wir uns doch daran erinnern, daß eine genaue Übereinstimmung nicht nachgewiesen ist, und daß es noch zweifelhaft bleibt, ob auch die tiefsten Teile des außeralpinen Buntsandsteines im Werfener Schiefer vertreten sind. Mag das nun der Fall sein oder nicht, jedenfalls entspricht die etwas reichere Fauna des Ceratites Cassianus, welche der Oberregion der Werfener Schichten angehört, nur dem obersten Teile des Buntsandsteines, und zwischen ihr und den jüngsten permischen Ablagerungen ist paläontologisch noch immer eine gewaltige Kluft; wir kennen von der Fauna des zwischenliegenden Schichtkomplexes wenigstens aus Europa so viel wie nichts oder wenigstens keine Fauna, welche mit Bestimmtheit hier eingereiht werden könnte. Vielleicht allerdings gehören die oben bei Besprechung der Permformation besprochenen Bellerophonkalke der untersten Trias an. Sie liegen in dem östlich von Etsch und Eisack gelegenen Teile von Südtirol über den permischen Grödner Sandsteinen und werden von Werfener Schiefern bedeckt, mit denen sie an der Grenze wechsellagern; diese Art der Lagerung würde allerdings einer Einreihung in die Trias nicht ungünstig sein, aber der für das Alter entscheidende Faunencharakter gestattet, wie oben gezeigt wurde, noch kein sicheres Urteil.

Ist in den Werfener Schiefern die Ähnlichkeit mit außeralpinen Ablagerungen noch eine ziemlich bedeutende und die Mannigfaltigkeit der Faciesgebilde eine ziemlich geringe, so ändert sich das in den folgenden Bildungen sehr rasch. Schon im Muschelkalke ist das bedeutend anders geworden; rote und schwarze Ammonitenkalke, Brachiopodenkalke, mergelige, dünnschichtige Kalke mit vielen Muscheln, Schnecken und Krinoiden, versteinerungsarme Kalk- und Dolomitmassen von gewaltiger Mächtigkeit wechseln miteinander ab, und nur in einzelnen Entwickelungsformen tritt noch beträchtlichere Übereinstimmung mit dem außeralpinen Gebiete auf.

Das verbreitetste Gestein des alpinen Muschelkalkes sind schwarze, deutlich geschichtete, oft hornsteinführende Kalke, welche nach dem Virgloriapasse in Vorarlberg den Namen Virgloriakalke erhalten haben und an einigen Punkten zahlreiche Brachiopoden, an andern Ammoniten, nur sehr selten aber beide gemeinsam enthalten. Wo eine Brachiopodenfauna

vorhanden ist, finden wir in derselben in der Regel viel Ähnlichkeit mit dem außeralpinen Muschelkalke und zwar speziell mit der untern Hälfte desselben, dem Wellenkalke. Terebratula vulgaris, der häufigste Brachiopode der deutschen Trias, die charakteristische Retzia trigonella und eine Anzahl von Spiriferen und Rhynchonellen verbinden beide Gebiete miteinander. Immerhin treten die Brachiopodenbänke, welche zahlreiche mit den Alpen übereinstimmende Arten enthalten, im deutschen Wellenkalke nur vereinzelt auf, die gewöhnliche Ausbildung des letztern, die dünnschichtigen Kalkbänke mit welliger Oberfläche, auf welcher oft zahlreiche Muscheln liegen, fehlt in den Alpen fast ganz. Merkwürdigerweise ist es nur ein isolierter Punkt weit im Innern der alpinen Region, Recoaro nördlich von Vicenza, an welchem plötzlich und, wie es scheint, ganz unvermittelt eine Ausbildung des untern Muschelkalkes auftritt, welche derjenigen im Norden und namentlich in Oberschlesien in ganz auffallender Weise ähnlich ist.

Um so geringer ist die Übereinstimmung, wo die Cephalopodenfauna auftritt, wie sie in manchen Virgloriakalken, in sehr viel reicherer und ausgezeichneterer Weise aber da vorkommt, wo rote Kalke auftreten. Die ausgezeichnetsten Fundpunkte dieser Art sind an der Schreyeralpe bei Gosau im Salzkammergute und eine neuentdeckte Fundstelle in der Gegend von Sarajewo in Bosnien, welche ganz besonders durch die wunderbare Erhaltung ihrer Fossilreste ausgezeichnet ist. In dieser Cephalopodenfauna, welche mit derjenigen des außeralpinen Muschelkalkes nur durch einige analoge, nicht aber durch vollkommen identische Arten verbunden ist, bilden die aufgeblasenen, mit flachen Falten ausgestatteten Ptychiten und die Ceratiten die wichtigsten Elemente, zu denen sich verschiedene andre Ammonitenformen, ferner Atraktiten und Nautilen gesellen.

Fast jede Spur von Ähnlichkeit mit den außeralpinen Bildungen verschwindet, wenn wir uns den marinen Ablagerungen der obern Trias zuwenden; nur ganz vereinzelte Muscheln und einige Landpflanzen sind beiden Gebieten gemein, auch in der Gesteinsentwickelung ist die gründlichste Verschiedenheit vorhanden, und gleichzeitig erreichen die Mannigfaltigkeit und der rasche Wechsel der Faciesgebilde hier den höchsten Grad. Wir unterscheiden in der obern Trias der Alpen drei aufeinander folgende Abteilungen, die norische, die karnische und die rätische Stufe, und namentlich für die beiden erstern gilt das eben Gesagte, während die rätischen Bildungen wieder einförmiger werden und sich den außeralpinen Vorkommnissen in ihrer Fauna nähern.

Wie gewöhnlich in der mesozoischen Periode wird eine Festhaltung und Wiedererkennung einzelner Horizonte nur da verhältnismäßig leicht, wo Ammonitenschichten vorliegen, während die Deutung der verschiedenen andern Gebilde auf größere Schwierigkeiten stößt. Ein wesentliches Hindernis für das Verständnis der obern alpinen Trias ist daher der Umstand, daß nur in sehr wenigen Gegenden zahlreiche cephalopodenführende Horizonte übereinander liegen; in der Regel treten sie isoliert zwischen anders entwickelten Ablagerungen auf, oder die charakteristischen Fossilien sind so selten, daß ihre Benutzung zur Altersbestimmung dadurch erschwert wird. Eine Ausnahme in dieser Beziehung bilden fast nur die Ablagerungen des Salzkammergutes, wo eine Menge überaus versteinerungsreicher Ammonitenhorizonte vorhanden sind und deren Aufeinanderfolge nachgewiesen werden konnte. Es sind das die berühmten Hallstätter Kalke, welche in ihrer ganzen Erscheinungsweise von den gewöhnlichen Vorkommnissen so abweichen, daß man sie für eine besondere Altersstufe hielt, bis spätere Untersuchungen zeigten, daß man es mit den aufeinander folgenden Cephalopodenfaunen fast der ganzen norischen und karnischen Stufe zu thun habe. Nur die tiefste Abteilung der norischen und die oberste der karnischen Stufe sind nicht in diesem Komplexe mit einbegriffen, doch findet sich die erstere in derselben Gegend in der Cephalopodenfacies, wenn auch als thonreicher Mergel, nicht als festes Marmorgestein. Die obersten karnischen

Schichten sind in Form gut geschichteter, aber überaus fossilarmer Kalk- und Dolomitmassen von ungeheurer Mächtigkeit, der sogenannten Hauptdolomite und Dachsteinkalke, entwickelt. Nach den Untersuchungen von Mojsisovics lassen sich im Salzkammergute folgende Horizonte unterscheiden:

III. Karnische Stufe.	II. Norische Stufe.	I. Muschelkalk.
3) Zone des Turbo solitarius (Dachsteinkalk).	5) Zone des Didymites textus.	2) Zone des Ceratites trinodosus.
2) Zone des Trachyceras Aonoides.	4) " " Arcestes rubor.	1) " " Ceratites binodosus.
1) " " Tropites subbullatus.	3) " " Pinacoceras parma.	
	2) " " Pinacoceras Metternichi.	
	1) Zone des Choristoceras Haueri.	

In keiner andern Gegend der Erde findet sich wohl auf so engem Raume und in einer verhältnismäßig so geringen Anzahl successiver Ablagerungen eine so außerordentliche Menge der mannigfaltigsten und prachtvollsten Ammoniten vereinigt wie hier. Schon die Art der Erhaltung in rotem, seltener schwarzem Kalke, während die Kammern der Gehäuse oft mit weißem Kalkspate ausgefüllt sind, geben den Exemplaren ein schönes Aussehen, und da das Gestein ausgezeichnete Politur annimmt, so werden die Fossilien sehr viel geschliffen und zu Schwersteinen ꝛc. verarbeitet. In den Badeorten des Salzkammergutes werden sie in Menge feilgeboten und haben von da aus weite Verbreitung gefunden. Für den Paläontologen allerdings sind diese Äußerlichkeiten von geringer Bedeutung, ihn erfreut und interessiert die Menge merkwürdiger Formen, welche ihm hier entgegentreten. Die zahllosen kugeligen Arcesten mit ihren seltsam geformten Mündungen, die bis aufs äußerste Maß der Dünnheit zusammengedrückten Pinacoceras-Arten, deren Loben von keiner andern Ammonitidengruppe an Pracht und Reichtum der Lobenentwickelung auch nur annähernd erreicht werden, die viereckigen, gestreiften Cladisciten, die seltsamen tonnenförmigen Tropiten, die mit zahllosen Knoten verzierten Trachyceraten und eine Anzahl andrer zeigen eine solche Abwechselung von kontrastierenden Formen, wie sie nirgends sonst angetroffen wird.

Nachdem für das Salzkammergut eine Reihe paläontologisch gut charakterisierter Horizonte aufgestellt war, konnte man daran denken, mit derselben die Schichtfolge, wie sie in andern, an Cephalopoden ärmern Gebieten festgestellt wurde, zu vergleichen. Aber diesem Unternehmen stellt sich eine unerwartete Schwierigkeit entgegen, es zeigt sich nämlich, daß die Ammonitenarten des Salzkammergutes größtenteils auf diese Gegend beschränkt sind, und daß in andern Teilen der Alpen meist andre Formen derselben Ordnung auftreten. Es gilt das namentlich für die Ablagerungen der norischen Stufe, welche im Salzkammergute eine durchaus von derjenigen der übrigen alpinen Gegenden abweichende Cephalopodenfauna zeigt, während in der karnischen Stufe die Übereinstimmung wieder größer und namentlich in der Zone des Trachyceras Aonoides wieder recht bedeutend wird.

Ein ähnliches Verhältnis wie zwischen dem Salzkammergute einerseits und dem Reste der Ostalpen anderseits findet sich auch in der Jetztwelt unter Umständen zwischen benachbarten ozeanischen Gebieten, wenn diese verschiedenen zoogeographischen Provinzen angehören; aber allerdings zeigt sich eine so scharfe Scheidung nur da, wo zwei Meere durch festes Land getrennt sind, also z. B. zu beiden Seiten der Landenge von Suez oder des Isthmus von Panama. Von Mojsisovics werden auch die Unterschiede zwischen der norischen Fauna des Salzkammergutes und jener der übrigen Ostalpen als Provinzunterschiede erklärt, und er bezeichnet die erstere Region als die juvavische, die letztere als die mediterrane Provinz, und in der That sind die Unterschiede so groß, als sie nur irgend zwischen zwei geographisch getrennten Regionen vorkommen: nicht eine einzige juvavische Art der norischen Stufe hat sich bis jetzt in mediterranen Ablagerungen gefunden, selbst eine Anzahl von

Gattungen sind einer oder der andern Provinz eigentümlich; **Phylloceras, Halorites, Didymites, Tropites, Rhabdoceras, Cochloceras** und die Muschelsippe **Halobia** sind juvavisch, **Lytoceras, Sageceras** und die den Halobien verwandten Daonellen mediterran, und selbst die gemeinsamen Gattungen sind in der Regel in verschiedenen Formenreihen vertreten.

Wenn wir aber auch sehen, daß die Beziehungen zwischen juvavischer und mediterraner Entwickelung ganz so beschaffen sind, wie sie zwischen Angehörigen stark kontrastierender zoogeographischer Bezirke zu sein pflegen, und wenn es uns nicht möglich ist, eine andre Erklärung der Thatsachen zu geben, so sind damit durchaus noch nicht alle Schwierigkeiten gehoben, und eine nähere Betrachtung dieser höchst merkwürdigen Verhältnisse läßt dieselben noch immer ganz rätselhaft erscheinen. Die Ammonitenfauna des Muschelkalkes ist im ganzen Gebiete der Ostalpen ebenso wie in Bosnien und im Bakonyer Walde eine wesentlich übereinstimmende und ist gerade im Salzkammergute ausgezeichnet entwickelt. In der norischen Stufe schließen sich die mediterranen Vorkommnisse innig an diejenigen des Muschelkalkes an, und eine Anzahl von Formenreihen greift von diesem in jene über; dagegen erscheint die norische Fauna des Salzkammergutes durchaus unvermittelt, ohne Anschluß an die Typen des europäischen Muschelkalkes. Nach Abschluß der norischen Stufe, in den karnischen Ablagerungen, wird allmählich die Übereinstimmung beider Regionen wiederhergestellt, mediterrane Formen ziehen in Menge in das Gebiet des Salzkammergutes ein, neben welchen die Nachkommen der dort einheimischen juvavisch-norischen Formen stark in den Hintergrund treten.

Natürlich kann man nicht daran denken, daß die juvavische Fauna in der norischen Zeit in dem winzigen Bezirke des Salzkammergutes entstanden sei; wir müssen offenbar annehmen, daß hier eine Einwanderung stattgefunden habe. Um aber durch eine solche die Erscheinungen zu erklären, müssen wir weiter annehmen, daß dieses Gebiet während der Zeit des Muschelkalkes und der karnischen Stufe mit den andern alpinen Gewässern in Zusammenhang stand, während Ablagerung der norischen Schichten von diesen getrennt war, so daß ein Austausch von Formen nicht stattfinden konnte, während aus einem andern Meeresbecken die Einwanderung der eigentümlichen Fauna stattfand. Nun ist allerdings das juvavische Meer nach Norden durch die böhmische Masse begrenzt, im Süden war vermutlich ein der jetzigen Zentralkette der Alpen entsprechendes Festland vorhanden, allein nach Westen und Osten ist offene Meeresverbindung. Im Westen, in Nordtirol, zeigen die norischen Schichten entschieden mediterranen Charakter, und es ist also schwer einzusehen, warum hier kein Formenaustausch stattgefunden hat, denn das Auftreten mächtig entwickelter, cephalopodenfreier „Riffkalke“ zwischen beiden kann keine hinreichende Erklärung dafür geben. Gegen Osten sind auf weite Strecken keine norischen Ammonitenfaunen bekannt, erst in der Bukowina und in Siebenbürgen treten sie wieder auf und zwar in dem erstern Lande in mediterraner, in dem letztern in juvavischer Entwickelung.

Diese Art der Verteilung bietet der Deutung der Unterschiede zwischen dem Salzkammergute und den übrigen Ostalpen sehr bedeutende Hindernisse, und wir können uns vorläufig noch keine ganz befriedigende Lösung denken. Aber trotzdem ist keine andre Erklärung als diejenige möglich, welche die Abweichungen als durch die Zugehörigkeit zu räumlich getrennten Provinzen hervorgebracht ansieht. Wir werden bei Betrachtung der weitern Verbreitung der marinen Triasbildungen außerhalb Europas Thatsachen kennen lernen, welche diese Auffassung unterstützen, indem beiderlei Entwickelungsarten getrennte Räume einnehmen. Die mediterrane Ausbildung finden wir in Sizilien und Spanien wieder, während die entlegenen Vorkommnisse im Himalaja, an den Küsten des Pazifischen Ozeanes und auf Spitzbergen zwar einen ziemlich selbständigen Typus darstellen, aber verwandtschaftliche Beziehung in ihrer Fauna ganz vorwiegend zu den Vorkommnissen des Salzkammergutes, also zur

juvavischen Provinz, zeigen. Es entsteht also die Vermutung, daß in den Alpen zur norischen Zeit zwei getrennte Meeresbecken in ihren Ausläufern einander nahetraten, ohne in Verbindung zu stehen; ja, der Umstand, daß die weitverbreiteten Vorkommnisse in Indien, Neukaledonien, Neuseeland, Südamerika, Kalifornien, am Ochotskischen Meere und auf Spitzbergen der juvavischen Ausbildung nahestehen, läßt diese als einen Repräsentanten der allgemein verbreiteten pelagischen Fauna erscheinen, während die Mediterranfauna auf geringeres Gebiet beschränkt scheint und vielleicht wirklich in einem Mittelmeere der Triaszeit angehört. So eröffnet sich uns wenigstens eine Möglichkeit für die Deutung dieser rätselhaften Verhältnisse, aber wir dürfen doch nicht vergessen, daß es eben nur eine ziemlich wahrscheinliche Möglichkeit ist, der aber in den Einzelheiten noch sehr beträchtliche Schwierigkeiten entgegenstehen.

Die großen Verschiedenheiten machen es begreiflicherweise unmögich, die Cephalopodenhorizonte des Salzkammergutes auch anderwärts festzuhalten. Es ergab sich die schwierige Aufgabe, aus den isolierten Ammonitenvorkommnissen, welche namentlich in den Südalpen auftraten, eine Reihenfolge und so eine marine Parallelgliederung des mediterranen Gebietes herzustellen. Dieselbe gestaltet sich folgendermaßen:

III. Karnische Stufe.	II. Norische Stufe.	I. Muschelkalk.
3) Zone des Turbo solitarius (Hauptdolomit).	2) Zone des Trachyceras Archelaus (Wengener Schichten).	2) Zone des Ceratites trinodosus.
2) Zone des Trachyceras Aonoides (Raibler Schichten).	1) Zone des Trachyceras Reitzi (Buchensteiner Schichten).	1) „ „ Ceratites binodosus.
1) Zone des Trachyceras Aon (Cassianer Schichten).		

Ein Vergleich dieser Aufzählung mit derjenigen der juvavischen Horizonte zeigt, daß die beiden obersten Zonen in beiden Regionen übereinstimmen: in dem untersten Horizonte der karnischen Stufe sind noch bedeutende Unterschiede vorhanden, aber schon kommt eine beträchtliche Anzahl gemeinsamer Arten vor; während der norischen Stufe zeigt sich im Salzkammergute bei weit größerer Mannigfaltigkeit der Formen auch eine größere Zahl aufeinander folgender Zonen; im Muschelkalke endlich ist die Übereinstimmung, wie oben erwähnt, wieder sehr groß, und die beiden eben genannten Horizonte desselben lassen sich auch im juvavischen Gebiete wiedererkennen.

Wir haben hier ein Schema zum allgemeinen Vergleiche, aber damit ist lange kein Bild von der Art der Entwickelung der Ablagerungen und Gesteine gegeben, wie sie in den Ostalpen auftreten. Gerade hier zeigt es sich, wie notwendig es ist, neben einer für theoretische Parallelen bestimmten, paläontologischen Gliederung die lokale Ausbildung zu berücksichtigen, deren Charaktere gerade hier so bezeichnend hervortreten und für den landschaftlichen Charakter und den Aufbau eines großen Teiles der Alpen von entscheidender Bedeutung sind. Die Kalke und Dolomite der Trias und namentlich der obern Trias bilden im ganzen Gebiete der Ostalpen die Hauptmasse und alle hervorragendsten Kämme und Gipfel der beiden Kalkzonen. Alle die höhern Kalkberge im Algäu und in Vorarlberg, die zackigen Mauern des Wettersteingebirges und der Karwendel, die wilden Kaiser, die gewaltigen Hochplateaus, die sich vom Steinernen Meere bei Berchtesgaden bis zum Schneeberge bei Wien hinziehen, mit einem Worte alle hervorragenden Massenerhebungen der nördlichen Kalkzone, bestehen aus diesem Materiale, ebensogut wie die riesigen, wild zerrissenen Berghäupter der Südtiroler Dolomitregion ꝛc.

Betrachten wir nun aber die einzelnen Gegenden näher, so finden wir, daß nicht überall ein ganz bestimmter Triashorizont durch die Mächtigkeit und Widerstandskraft seiner Gesteine den hochgebirgigen Charakter bedingt, sondern daß in verschiedenen Gegenden, ja oft

genug innerhalb einer und derselben Gebirgsgruppe in dieser Richtung sehr bedeutende Unterschiede stattfinden. Von der untern Grenze des Muschelkalkes bis zur obern Grenze der Trias kann jedes einzelne Niveau in Form weicher Schiefer, Mergel und Sandsteine oder riesig mächtiger Kalk- und Dolomitmassen ausgebildet sein. Allerdings verhalten sich die verschiedenen Zonen in dieser Richtung nicht gleich, die eine neigt mehr zu dieser, die andre mehr zu jener Ausbildungsweise, und das gilt namentlich von den beiden obern Abteilungen der karnischen Stufe. Die Zone des Turbo solitarius wird fast überall durch ungeheure Kalk- und Dolomitmassen vertreten, welche den Namen Hauptdolomit erhalten haben, während die Zone des Trachyceras Aonoides (Raibler Schichten) in der großen Mehrzahl der Fälle aus wohlgeschichteten und oft geschieferten, mergeligen Gesteinen von nicht sehr erheblicher Mächtigkeit besteht und nur selten Kalke und Dolomite in bedeutender Masse aufnimmt. In den tiefern Partien ist nichts derartiges mehr zu bemerken, hier läßt sich keine so ausgesprochene Hinneigung eines Horizontes zu der einen oder der andern Ausbildung beobachten, stellenweise, z. B. in manchen Teilen von Niederösterreich, ist fast die ganze Trias aus weichen Gesteinen zusammengesetzt, in andern Regionen geht vom Muschelkalke bis zur Basis der Raibler Schichten eine ununterbrochene Folge von festen Kalken und Dolomiten, die eine Mächtigkeit von 2000 m erreichen können. Weit öfter ist jedoch in einem und demselben Profile Verschiedenheit zwischen den einzelnen Abteilungen vorhanden, und sehr häufig sind die tiefsten Teile der karnischen oder die höhern der norischen Stufe kalkig, deren Unterlage aber mergelig entwickelt. Dann finden wir die überaus verbreitete Kombination von zwei mergeligen und zwei kalkig-dolomitischen Schichtkomplexen der obern Trias, nämlich zu oberst Hauptdolomit, darunter weiche Raibler Schichten, dann eine zweite Kalk- oder Dolomitmasse (Wettersteinkalk, Arlbergkalk, Schlerndolomit im weitern Sinne) und zu tiefst wieder Mergel (Partnachschiefer 2c.). Allein diese Schichtgruppen sind nicht bestimmte geologische Horizonte, sondern die untere Kalkbildung beginnt bald höher, bald tiefer und reicht nicht immer bis zu demselben Niveau hinauf; natürlich ist es daher auch nicht zulässig, die einzelnen Glieder getrennter Gebiete auf Grund der übereinstimmenden Ausbildung in der einen oder der andern Richtung miteinander zu parallelisieren.

Wenn wir die kalkig-dolomitische Entwickelung bisher als ein Ganzes der mergeligen entgegengestellt haben, so ist sie doch weit davon entfernt, eine wirklich einheitliche Ausbildung darzustellen. In der That treten uns innerhalb derselben zwei sehr wesentlich verschiedene und meist scharf voneinander getrennte Typen entgegen. Einerseits finden wir in großer Ausdehnung Kalk- und Dolomitablagerungen von außerordentlicher Mächtigkeit, welche in zwar sehr dicke, aber deutliche und regelmäßige Schichten abgeteilt sind; in diesen Lagen treten die oben geschilderten Kalkalgen aus der Abteilung der Siphoneen, die Diploporen und Gyroporellen in größter Menge auf, und zu ihnen gesellen sich die dickschaligen Megalodus-Arten; anderseits treten die Kalke und Dolomite in Form ungeheurer, nahezu ungeschichteter Massen entgegen, welche von Versteinerungen verhältnismäßig am häufigsten große, dickschalige Schnecken, namentlich aus der Gattung Chemnitzia, enthalten. Während die wohlgeschichteten Abarten sich in der Regel verhältnismäßig gleichartig ausbreiten, sind es die ungeschichteten Vorkommnisse, welche die größten Unregelmäßigkeiten zeigen, an der einen Stelle auskeilen, an der andern einsetzen und sofort zu außerordentlicher Mächtigkeit anschwellen. Es geschieht das so rasch, daß wir diese Massen kaum als linsenförmige Vorkommnisse bezeichnen können; sie verdienen ihrer Gestalt nach den Namen von Dolomitriffen, die sich in ihrer Form mit den großartigsten Riffbauten der Korallen in unsern jetzigen Meeren vergleichen lassen. Wie diese Bildungen entstanden sind, das ist eine Frage, die später erörtert werden soll, und auf die wir für den Augenblick nicht eingehen wollen, ehe wir das Auftreten dieser sonderbaren Massen an einem Beispiele kennen gelernt haben.

In keinem Gebiete der Ostalpen finden sich diese interessanten Verhaltnisse in schärferer Weise und in großartigerm Maßstabe entwickelt als in der sogenannten **Dolomitregion der Südalpen**, die sich im Osten des Etsch- und Eisackthales und im Süden des Pusterthales ausbreitet. Dieses Gebiet gewinnt noch spezielles Interesse durch das Auftreten bedeutender Eruptivmassen von Augitporphyr &c., die während der Ablagerung der Triasbildungen zum Ausbruche gelangten; in ausgebreiteten Decken schieben sich dieselben zwischen die Bänke der Sedimente ein, und deren regelmäßig geschichtete, oft versteinerungsreiche Tuffe spielen eine bedeutende Rolle in manchen Horizonten. Seit **Leopold v. Buch** hat diese merkwürdige Gegend die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gezogen, ihr sind die Arbeiten v. **Richthofens** und einer Reihe von spätern Forschern gewidmet, und namentlich **Mojsisovics** hat eine eingehende Darstellung derselben gegeben.

Unter allen Teilen der Kalkalpen ist diese Gegend durch ihre wunderbare und eigentümliche landschaftliche Schönheit ausgezeichnet. Schroffheit und wilde Zerrissenheit der gewaltigen Kalk- und Dolomitberge, die phantastischen Zacken, Obelisken und Mauern, in denen sie aufragen, kontrastieren in herrlicher Weise mit den tief eingesenkten, grünen Paßhöhen und Grasrücken, und die Vereinigung und gegenseitige Durchdringung dieser gegensätzlichen Elemente verleiht der Region ihren eigenartigen Reiz, sie bewirkt gleichzeitig die leichte Zugänglichkeit des ganzen Gebietes, so daß dasselbe seit Jahren zu einem Lieblingsziele der Alpenwanderer geworden ist. Diese Eigenschaften hängen aufs innigste mit der herrschenden Entwickelung der Triasbildungen zusammen; wo sehr mächtige Kalkmassen im Gebirge auftreten, werden sie naturgemäß schroffe Bergformen, steile Abstürze bedingen, aber eine so energische Gliederung wie hier ist in der Regel durchaus nicht vorhanden. Diese ist eine unmittelbare Folge des starken Wechsels zwischen kalkiger und mergeliger Ausbildungsweise, welche eine Zerlegung der Hochregion in einzelne Bergstöcke fördert und die Einschiebung der sanftern, vegetationsreichen Partien zwischen diese bewirkt. Die Lagerung der Schichten weicht in dem ganzen Gebiete verhältnismäßig sehr wenig von der Horizontalen ab, größere Faltungen fehlen, dagegen sind zahlreiche bedeutende Verwerfungen vorhanden, welche ansehnliche Höhenunterschiede bedingen. Über den Ablagerungen des Werfener Schiefers und des Muschelkalkes folgen zunächst die Buchensteiner Schichten, bei welchen sich zuerst die Scheidung in die dolomitische und in die Ausbildung in Form weicherer, dünnschichtiger Gesteine, hier meist Bänderkalke und Hornsteinkalke, deutlich geltend macht; wo die erstere herrscht, findet eine vollständige Verschmelzung mit dem obern Muschelkalke statt, der hier ebenfalls in der Dolomitfacies auftritt. Beide zusammen bilden dann eine zusammenhängende untere Dolomitmasse, welche von den höhern Dolomitbildungen stets durch eine scharfe Grenze geschieden ist.

In den darüber folgenden Wengener Schichten, welche der Zone des Trachyceras Archelaus entsprechen, treten gewaltige vulkanische Ausbrüche hervor, welche Massen von Melaphyr und Melaphyrtuffen geliefert haben. Dieser sowohl als der folgende, der Cassianer Horizont, sind ebenfalls in großem Maße dolomitisch ausgebildet, und wenn auch die Gebiete, in welchen dies für das eine und das andre Niveau stattfindet, nicht ganz zusammenfallen, so ist das doch auf sehr weite Strecken der Fall, und dann bilden sie auch einen untrennbaren Komplex, den obern Dolomit, welcher den untern an Mächtigkeit weit übertrifft und zu einer Dicke von 1000 m anschwillt. Der Schlern (s. Abbildung, S. 254), Langkofel, Plattkofel und eine Menge andrer Bergriesen sind aus dieser Masse aufgebaut, in welcher der Hauptanteil in der Regel dem Wengener Dolomite zugehört, während der Cassianer Dolomit nur in einigen vorgeschobenen Partien enorme Mächtigkeit erreicht. Die gleichzeitigen weichen, aus mechanischem Sedimente gebildeten Ablagerungen sind die häufig sehr versteinerungsreichen Wengener Tuffe, Schiefer und Cassianer Mergel.

Wir müssen die Form eines solchen Riffes etwas näher ins Auge fassen. Wäre uns dasselbe vollständig und ohne Zerstörung durch Denudation erhalten, so würde dasselbe eine etwa 1000 m mächtige und sehr ausgebreitete, oft über mehrere Quadratmeilen zusammenhängende Dolomittafel darstellen, die an ihren Rändern mit einer ziemlich steilen Böschung nach allen Seiten abfällt. Allein diese ursprüngliche Form ist jetzt nicht mehr vorhanden, die vernichtenden Einflüsse von Frost, Wasser und andern abtragenden Kräften haben den größten Teil zerstört, und aus den Resten müssen wir den ursprünglichen Umfang rekonstruieren. Die jetzige Reliefbildung zeigt also nicht die ursprüngliche Form der Riffe, und es muß aufs allerentschiedenste vor der irrtümlichen, aber bisweilen verbreiteten

Der Schlern bei Bozen. Vgl. Text, S. 253.

Auffassung gewarnt werden, als ob jeder einzelne Bergstock, der aus diesem Materiale besteht, ein selbständiges Riff sei. Alle diese Verhältnisse und alle Einzelheiten der Oberflächengestaltung sind die Wirkung der Denudation, der durch die ursprünglichen Riffgrenzen ihre Wege und Angriffspunkte in einigen großen Hauptlinien vorgezeichnet sind, wie die starken Kontraste der Gesteinsausbildung ihrer Wirkung besonders günstige Verhältnisse geschaffen haben. Auch die ursprüngliche Böschung des Riffes ist infolge der weitgehenden Abwitterung unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht häufig zu sehen, sie ist meist verwischt und tritt nur an einzelnen Stellen sehr deutlich hervor; es ist das namentlich da der Fall, wo weiche Gesteine, die sich in späterer Zeit über dem Riffe und seinem Abfalle ausgebreitet haben, eben erst oder in allerjüngster Zeit der Zerstörung verfallen sind. An solchen Stellen hat die Denudation die Oberfläche der sehr widerstandskräftigen Dolomite zwar bloßgelegt, aber noch nicht hinreichende Zeit gehabt, dieselbe ausgiebig

Digitized by Google

zu verwüsten. An einer solchen Riffböschung, wie sie sich aufs schönste am südwestlichen Abfalle des Plattkofel bei St. Christina im Grödnerthale zeigt, fällt zunächst eine deutliche Schichtung auf, welche dem Neigungswinkel des Abfalles parallel verläuft, aber nur diesen äußersten Teilen der Masse angehört, im Innern jedoch fehlt. Eine nähere Überlegung zeigt auch sofort, daß man es hier nicht mit einer normalen Schichtung zu thun hat, denn der Dolomit des Plattkofel liegt nahezu horizontal, während die Bänke der Böschung unter einem Winkel von etwa 30° geneigt sind. Wir haben es also mit falscher Schichtung, mit einer sogenannten Übergußschichtung, zu thun, wie wir sie an den Außenflächen der Korallenriffe kennen gelernt haben (s. untenstehende Abbildung).

Blockstruktur und Übergußschichtung des Schlerndolomites am Pordoijoche. (Nach Mojsisovics.)

Ein weiterer Punkt von großer Wichtigkeit ist die Art und Weise, wie sich der Dolomit an der Grenze zu den gleichalterigen weichen Mergeln, Schiefern oder Tuffen verhält. Da diese letztern stets weit weniger mächtig sind als jene, so breiten sie sich in tieferm Niveau aus, sie lagern sich am untern Teile des Riffes an dessen Böschung an, und hier gelingt es an manchen Punkten, nachzuweisen, wie dolomitische und mergelige Ausbildung fingerförmig ineinander greifen, oder wie die letzten Ausläufer eines Riffes sich zwischen den Mergeln verlieren. Dabei zeigen sich häufig sehr eigentümliche Strukturverhältnisse, die für die Beurteilung der Entstehung der Riffe von großer Wichtigkeit sind. An vielen Stellen, an welchen die Böschung dieser letztern mit ihrer Übergußschichtung sichtbar wird, löst sich die homogene Dolomitmasse in ein Haufwerk von Blöcken oder in ein dolomitisches Konglomerat auf, wie das auch an jungen Korallenriffen vorzukommen pflegt; Ausläufer des Riffes greifen in Form von zähen, großenteils aus einer Anhäufung von Blöcken

Digitized by Google

bestehenden Kalken, oft von bedeutender Mächtigkeit, zwischen die Bänke der weichen Wengener oder Cassianer Schichten ein, zwischen denen sie in einiger Entfernung vom Riffe sich verlieren und auskeilen. Diese „Cipitkalke“, wie man sie nach dem Vorkommen in der Nähe der Cipithütten auf der Seißer Alpe am Fuße des Schlern genannt hat, zeigen nun eine große Menge von Fossilresten, welche in den Dolomitmassen so spärlich vorhanden sind, und zwar herrschen hier namentlich große Korallenstöcke vor, die oft das ganze Gestein erfüllen, und zu ihnen gesellen sich zahlreiche Bruchstücke von Seeigeln und Krinoiden.

Die dem jüngern Dolomitniveau im Alter entsprechenden weichern Ablagerungen, die Wengener und Cassianer Schichten, enthalten häufig eine große Zahl von Versteinerungen; am verbreitetsten sind die flachen Muscheln aus der Gattung Daonella, an andern Stellen gesellen sich dazu Ammoniten, manche Bildungen enthalten zahlreiche Stacheln von Seeigeln, kurzum, es herrscht bedeutende Verschiedenheit der Ausbildung. Durch besondere Mannigfaltigkeit der Fauna zeichnen sich oft die Cassianer Mergel aus, und vor allem ragt eine Lokalität in dieser Richtung in einer nahezu beispiellosen Weise hervor; es ist das die Stuoreswiese bei St. Cassian im Abteithale, welche seit langer Zeit als einer der fossilreichsten Punkte bekannt ist, die in mesozoischen Ablagerungen überhaupt vorkommen.

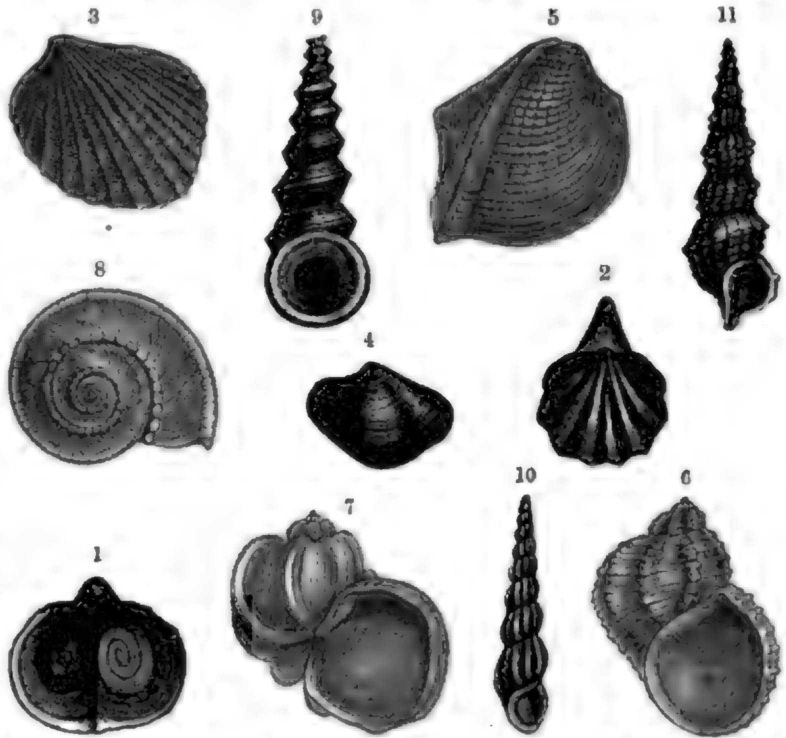
In zahlloser Masse sammeln die Leute in St. Cassian die kleinen Versteinerungen, die „Kurretsch“, und verkaufen sie zu billigen Preisen an die vielen Geologen und Händler, welche diesen klassischen Ort aufsuchen, und so haben die Versteinerungen der Stuoreswiese ihren Weg fast in alle größern Sammlungen gefunden. Die Zahl der einzelnen Arten, welche durch Klipstein, Munster und Laube bekannt geworden sind, darf auf 500—600 geschätzt werden, und selbst nach so gründlicher Ausbeutung enthält noch jetzt jede größere Sendung eine Anzahl neuer Typen, so daß dieser Reichtum nahezu unerschöpflich scheint. Es dürfte wenige Stellen in unsern jetzigen Meeren geben, an welchen speziell eine so große Zahl von Mollusken auf so kleinem Raume vereinigt vorkommt.

Allein nicht nur die Menge, auch der Charakter dieser Fossilien ist im höchsten Grade bemerkenswert: nirgends in der alpinen Trias tritt die Mengung von Typen, die in der Regel als charakteristisch für ältere oder jüngere Ablagerungen gehalten wurden, so auffallend hervor wie in dieser Lokalfauna, und dieser Umstand hat anfangs am allermeisten die Aufmerksamkeit auf die Cassianer Fauna gelenkt. Unter den zahlreichen altertümlichen Typen mag als der auffallendste der eigentümliche und winzig kleine Tiarechinus hervorgehoben werden, der durch das Vorhandensein von 25 Plattenzonen sich an die paläozoischen Vorkommnisse anschließt (s. Abbildung, S. 245). Daß übrigens in dieser Mischung älterer und jüngerer Typen nichts so Befremdendes liegt, wie man früher dachte, wurde schon oben hervorgehoben, und daß gerade in diesem Falle die Erscheinung so extrem auftritt, ist einerseits in der Menge der Arten, anderseits darin begründet, daß andre sehr reiche Triasablagerungen in derselben Facies kaum bekannt sind.

Für uns ist befremdender, daß hier eine entschiedene Zwergfauna vorliegt und zwar in einer Weise deutlich, wie das vielleicht in keinem andern Falle mehr bekannt ist. Am ausgesprochensten macht sich dies bei den Hunderten von kleinen Muscheln und Schnecken geltend, welche den Hauptbestandteil der Bevölkerung ausmachen; außer zwei seltenen Arten von Daonellen und zwei oder drei Schneckenarten finden sich nur kleine und sehr kleine Formen von einer Mannigfaltigkeit und Zierlichkeit der Gestalt, die Staunen erweckt und die Liebhaberei sehr begreiflich erscheinen läßt, mit welcher von vielen Seiten diese Pygmäen gesammelt werden. Auch die Ammoniten von St. Cassian sind fast alle klein, allein darauf ist weniger Wert zu legen, da wir es dabei zum großen Teile nur mit bis ans Ende gekammerten Schalen zu thun haben, deren äußere Teile zerstört sind, und deren ursprüngliche Größe wir daher nicht beurteilen können. Die Brachiopoden sind dagegen wieder durch winzige

Dimensionen charakterisiert, nur eine einzige Art erreicht die durchschnittliche Größe. Bei den Seeigeln sind bisher nur kleine Gehäuse gefunden worden, doch kommen hier Stacheln von mittlerm Umfange vor, welche auf das Vorhandensein ansehnlicherer Typen schließen lassen, und auch die Krinoiden scheinen in ihrem Wuchse nicht weit hinter den gewöhnlichen Vorkommnissen zurückgeblieben zu sein, dagegen sind wieder Schwämme und Korallen durchgängig stark unter Mittelgröße. Die untenstehenden Abbildungen zeigen eine Anzahl charakteristischer Vertreter dieser Zwerggesellschaft, welche in so seltsamer Weise an diesem einzelnen Punkte lokalisiert scheint.

Es ist sehr schwer zu sagen, welche Ursachen diese massenhafte Vereinigung kleiner Formen hier veranlaßt haben. Man weiß, daß marine Mollusken, wenn sie in verhältnismäßig schwach gesalzenem Wasser leben, im Wuchse stark zurückbleiben, wie das an den Schaltieren der Ostsee und ähnlicher Becken zu sehen ist, und man hat daran gedacht, daß man es mit der Bevölkerung eines Brackwasserbeckens zu thun habe. Allein solche sind nicht nur durch geringe Größe der Individuen, sondern auch durch deren Dünnschaligkeit, vor allem aber durch ausgesprochene Armut der Arten charakterisiert, sie bilden also den ausgesprochensten Gegensatz zu dem Typus von St. Cassian. Ebensowenig kann die Ansicht als richtig gelten, daß man es mit einer Art von Brutstätte der damaligen Fauna zu thun habe, mit den Ablagerungen einer geschützten Bucht, in welche zahlreiche Tiere gekommen seien, um ihre Eier abzulegen, die sich hier entwickelten. Die jugendlichen Individuen hätten sich nun eine Zeitlang hier aufgehalten, um dann nach Erreichung einer gewissen Größe nach dem offenen Meere auszuwandern. Einer solchen Annahme steht aber entgegen, daß die große Mehrzahl der Cassianer Arten ausgewachsen vorliegen und zu Arten gehörten, die ihr ganzes Leben hindurch klein blieben. Überdies ist ein großer Teil der Tiere im erwachsenen Zustande keiner oder wenigstens einer so geringen und langsamen Ortsbewegung fähig, daß derartige Wanderungen in den Bereich der Unmöglichkeit fallen.



Cassianer Fossilien: 1. Koninckina Leonhardi. — 2. Retzia lyrata. — 3. Cardita crenata. — 4. Nucula lineata. — 5. Myophoria decussata. — 6. Narica striatocostata. — 7. Neritopsis ornata. — 8. Pleurotomaria radians. — 9. Cochlearia carinata. — 10. Holopella punctata. — 11. Cerithium bolinum. — Fig. 3, 4, 9 in natürlicher Größe, alle andern vergrößert. (Nach Laube.)

Eine bestimmte Erklärung dieser Verhältnisse ist überhaupt vorläufig kaum möglich, vor allem aber müssen wir das Wesen der ganzen Erscheinung etwas näher zu präzisieren und festzustellen suchen, ob wir es mit einer Fauna zu thun haben, deren Angehörige durch die Einwirkung der äußern Verhältnisse ihres Standortes verkümmert sind, oder ob diese letztern nur speziell dem Fortkommen kleiner Arten günstig waren, die sich infolgedessen hier massenhaft ansiedelten. Wenn wir diese Frage ins Auge fassen, ist vor allem die Thatsache zu beachten, daß bei St. Cassian sehr zahlreiche Arten von Gattungen vorkommen,

welche entweder überhaupt oder wenigstens zur Triaszeit keine großen Vertreter besitzen; das gilt von zahlreichen Typen, vor allen von einer bedeutenden Anzahl von Muscheln, unter welchen Nucula, Corbula und Cardita besonders hervorzuheben sind. Diese zeigen unter ihren Vertretern verschiedene Arten, welche an sich zwar ziemlich klein, doch unter den triadischen Vertretern dieser Sippen zu den ansehnlichsten gehören. Auch sonst findet man, daß die Cassianer Arten zwar unter ihren Verwandten als verhältnismäßig klein auffallen, daß aber ebenso kleine Repräsentanten derselben Abteilungen auch an andern Punkten zwischen größern Typen vorkommen. Dieses Verhältnis macht die Annahme einer Verkümmerung überflüssig und wenig wahrscheinlich. Wir müssen uns daher den Vorgang in der Art denken, daß bei St. Cassian äußere Umstände die Existenz großer Tierformen sehr erschwerten, kleinen dagegen im allerhöchsten Grade günstig waren, und daß sich solche daher in größter Menge ansammelten, ohne daß für die Annahme einer Entwickelung dieser Formen an Ort und Stelle in einem räumlich eng begrenzten Bezirke und für diesen irgend ein Grund vorläge. Welcher Art allerdings die Umstände waren, welche die Ausbildungsart begünstigten oder hervorriefen, können wir vorläufig nicht sagen, vermutlich namentlich deswegen, weil wir die Lebensverhältnisse der Organismen in unsern Meeren noch viel zu wenig kennen. Wir können wohl darauf aufmerksam machen, daß analoge Zwergfaunen von außerordentlicher Reichhaltigkeit auch jetzt existieren; jene ungeheuern Massen von Tangen z. B., welche in der Mitte des Atlantischen Ozeanes schwimmen und dieser Region den Namen Sargassomeer verschafft haben, sind von unzähligen kleinen Mollusken und andern Tieren bevölkert, welche auf den Wasserpflanzen leben und nach ihrem Tode auf den Meeresgrund sinken. Es soll nicht behauptet werden, daß die Cassianer Fauna unter ebensolchen Verhältnissen gelebt habe, schon deshalb nicht, weil sie entschieden in seichtem Wasser wohnte, aber wir sehen wenigstens, daß es nicht ganz außergewöhnliche Verhältnisse gewesen zu sein brauchen, unter welchen jene triadischen Pygmäen sich in solcher Zahl zusammenfanden.

Über den so mannigfach gegliederten Ablagerungen der Zone des Trachyceras Aon folgen dann die Raibler Schichten der Zone des Trachyceras Aonoides, rötliche, thonige Kalke, Sandsteine, Schiefer und Thone, welche an manchen Punkten eine ziemlich namhafte Zahl von Muscheln bergen. Wie eine gleichmäßige Decke breiten sich diese Bildungen über der so verschiedenartig gegliederten Unterlage aus und tragen die ungeheuern geschichteten Kalke und Dolomite, welche als Dachsteinkalke oder Hauptdolomite bezeichnet werden und an vielen Punkten zahlreiche Schalen großer Megalodonten enthalten. Sie verschmelzen oft mit den vollständig übereinstimmenden Ablagerungen der obersten Abteilung der Trias, der rätischen Stufe, zu einem untrennbaren Komplexe, welcher an Mächtigkeit hinter den Dolomiten des Wengener und Cassianer Horizontes durchaus nicht zurückbleibt. Viele gewaltige Berge, die Drei Zinnen und der Monte Cristallo bei Schluderbach, Tofana, Antelao bei Ampezzo und eine Reihe andrer, sind aus diesem Gesteine zusammengesetzt, und bei vielen weitern bildet dasselbe die Gipfelpartie, während Wengerer und Cassianer Dolomit die Hauptmasse des Berges darstellen. Wir finden demnach im östlichen Südtirol an sehr vielen Orten drei übereinander folgende kalkig-dolomitische Massen, von denen die unterste dem obern Muschelkalke und dem untern Teile der norischen Stufe (Mendoladolomit), die zweite dem obern Teile der norischen und dem untern Teile der karnischen Stufe (Schlerndolomit), die oberste dem obern Teile der karnischen und der rätischen Stufe entspricht; dieser letztern fehlt die Riffausbildung wenigstens in dieser Gegend, dieselbe ist hier auf die tiefern Horizonte beschränkt, und zu oberst sind nur geschichtete Kalke und Dolomite.

Wir haben bisher häufig von dem Auftreten der Dolomitriffe gesprochen, welche durch mangelnde Schichtung, Versteinerungsarmut, durch steil geböschte Ränder mit häufig auftretender Übergußschichtung und durch das oft überaus rasche Auskeilen charakterisiert

sind. Wir müssen uns nun etwas näher mit der Entstehung dieser seltsamen Ablagerungen beschäftigen, welche schon so viele Erörterungen hervorgerufen hat, ohne daß bisher alle Zweifel gelöst wären. In erster Linie ist für die Beurteilung dieser Fragen die Thatsache von Wichtigkeit, daß zwar ein großer Teil dieser Riffe aus Dolomit, daß aber manche auch aus mehr oder weniger reinem, nicht oder nur sehr wenig dolomitisiertem Kalke bestehen, und daß zwischen beiden in der Ausbildung der eigentümlichen Riffcharaktere kein Unterschied vorhanden ist. Es sind demnach die Merkmale der Lagerung und Struktur von diesem mineralogischen Unterschiede unabhängig, und wir brauchen uns daher vorläufig nur mit der Entstehung der Kalkriffe zu beschäftigen.

Wir haben im ersten Bande die verschiedenen Arten der Kalkbildung kennen gelernt und gesehen, daß im offenen Meere nur in seltenen Ausnahmefällen Kalke durch unmittelbare Kristallisierungen oder durch Absatz von Kalkschlamm sich bilden; wir werden also diese Entstehungsarten in unserm Falle für sehr wenig wahrscheinlich erklären müssen. Sie erweisen sich aber als geradezu unmöglich, wenn wir die Steilheit der Böschung an der Außenseite der Riffe ins Auge fassen. Wir werden daher mit unabweisbarer logischer Notwendigkeit zu dem Schlusse geführt, daß organische Thätigkeit das Material geliefert habe, und daß die Kalkriffe aus den kalkigen Teilen irgend welcher Tiere oder Pflanzen bestehen; und es ist nun die Frage, welche Baumeister und in welcher Weise sie diese riesigen Massenwerke zu stande gebracht haben. Auch hier ist die Auswahl eine sehr beschränkte; die verbreitetste Art der Kalkbildung in den jetzigen Meeren, durch Anhäufung der Gehäuse von winzigen Foraminiferen, welche im Meerwasser schwimmen und nach dem Tode zu Boden sinken, ist durch die Form der Riffe ausgeschlossen, und auch die meisten andern Tiere können aus denselben Gründen nicht in Betracht kommen. Derartige Massen mit steil abfallenden Rändern entstehen, soweit unser Wissen reicht, nur aus Bryozoen und Korallen, und wir müssen daher diesen zunächst unsre Aufmerksamkeit zuwenden. Die Bryozoen haben wir im vorigen Kapitel als die Erbauer einiger Riffe im Zechsteine Thüringens kennen gelernt, und ähnliche Bildungen kommen nach Teisseyre auch in den Tertiärablagerungen Podoliens vor. Allein die wenigen Bryozoenriffe, von denen wir wissen, bleiben innerhalb ziemlich bescheidener Größenverhältnisse, und nur die Bauten der Korallen erreichen eine solche Großartigkeit, daß wir sie mit den Kalkriffen Südtirols vergleichen können. In der That haben wir bei der Schilderung dieser letztern schon einige Eigentümlichkeiten besprochen, welche an die mächtigen Korallenriffe der tropischen Meere erinnern: außer dem Vorhandensein einer steilen Böschung können namentlich die Übergußschichtung und die stellenweise auftretende Blockstruktur in dieser Richtung genannt werden.

Solche Ähnlichkeiten haben denn auch dahin geführt, die riffartigen Kalk- und Dolomitmassen als Korallenbauten zu betrachten, wie das zuerst von Richthofen und später mit sehr eingehender Begründung von Mojsisovics geschehen ist. Der letztere hat die Ansicht ausgesprochen, daß die kristallinischen Gesteine der Zentralkette der Alpen schon damals eine Insel bildeten, und daß die ungeschichteten Kalke die Überreste eines mächtigen Barrierenriffes darstellen, welches, durch eine Lagune von ihr geschieden, diese Insel in ähnlicher Weise begleitete, wie wir das heute z. B. an der Küste von Neukaledonien finden, und deutet als Ablagerungen dieser Lagune die geschichteten mächtigen Kalke und Dolomite vom Alter des Schlerndolomites, welche in der Regel zwischen dem Dolomitriffe und der kristallinischen Zone der Alpen liegen.

Diese Auffassung hat allerdings den entschiedensten Widerspruch von verschiedenen Seiten erfahren, und in der That läßt sich gegen dieselbe ein Einwurf der handgreiflichsten Art erheben, nämlich die Seltenheit von Korallenresten in den Riffkalken. Allerdings sind überaus schlecht erhaltene Spuren von Korallenstöcken verhältnismäßig noch die häufigsten Vorkommnisse, neben denen noch Kalkalgen (Daktyloporiden), Echinodermen und große,

dickschalige Schneckengehäuse einigermaßen verbreitet auftreten. Im allgemeinen aber ist die Hauptmasse der Gesteine fossilfrei, von ziemlich kristallinischem Gefüge, und selbst die mikroskopische Untersuchung zeigt in der Regel nichts von organischer Struktur, wie die Untersuchungen von Loretz gezeigt haben.

In erster Linie würde dieser Umstand nicht nur gegen die Entstehung der Riffe durch die bauende Thätigkeit von Korallen, sondern überhaupt gegen die Annahme einer Bildung aus Organismengerüsten zeugen, was mit den geschilderten Lagerungsverhältnissen in unvereinbarem Widerspruche steht. Wenn wir uns jedoch an das erinnern, was (Bd. I, S. 571) über die Beschaffenheit des Riffsteines an den jetzigen Koralleninseln gesagt wurde, so erscheinen die Schwierigkeiten weit geringer. Wir haben gesehen, daß der Riffstein, welcher durch Zerreibung und Umkristallisierung der Korallenstöcke entsteht, keine Spur organischer Struktur zeigt, sondern ein gleichartiges körniges Gestein darstellt, wie wir es in den Ablagerungen alter Formationen zu finden gewohnt sind. Allerdings scheinen nach den wenigen Angaben, die darüber vorliegen, in dem rezenten Kalke der tropischen Koralleninseln die Tierreste weit häufiger zu sein als in den triadischen Vorkommnissen Südtirols. Allein diese sind eben auch durch Jahrmillionen nach ihrer Entstehung noch der fortwährenden Wirkung der in den Gesteinen zirkulierenden Wasser ausgesetzt gewesen, welche zur Zerstörung aller organischer Struktur beitrugen. Zwar läßt sich dagegen einwenden, daß in andern Gegenden alte Ablagerungen mit sehr gut erhaltenen Riffkorallen existieren, doch kann diese nicht zu verkennende Schwierigkeit keinen entscheidenden Beweis bilden. Bekanntlich ist der kohlensaure Kalk, den verschiedene kalkabsondernde Tiere und Pflanzen liefern, in sehr ungleichem Grade löslich. Echinodermen, Foraminiferen, Austern, Kalkalgen geben ein verhältnismäßig widerstandskräftiges Material, andre werden von kohlensäurehaltigem Wasser sehr leicht angegriffen, und gerade in diese Abteilung gehören in erster Linie die Korallen. Wenn also andre Formen, z. B. kalkabsondernde Algen, an die man bei Riffbildung ebenfalls denken kann, den Aufbau bewirkt hätten, so wäre deren übergroße Seltenheit noch weit schwerer erklärlich. Ganz besonders aber ist es ein Umstand, welcher sehr entschieden zu gunsten der Korallenrifftheorie in die Wagschale fällt: wie oben geschildert wurde, greifen von den Riffen aus an vielen Stellen kalkige Ausläufer in das Gebiet der mergeligen Ablagerungen ein; diese „Cipitkalke“ sind nun durch ihre Einlagerungen zwischen den nicht oder nur wenig durchlässigen Schichten gegen die umformende Thätigkeit des Wassers einigermaßen geschützt, und sie erhalten auch an vielen Stellen eine große Menge von Korallenresten.

Diese Verhältnisse machen die Annahme, daß die Kalk- und Dolomitriffe von Südtirol Korallenbauten darstellen, sehr wahrscheinlich; eine Anzahl wichtiger Gründe sprechen für dieselbe, und wenn ihr auch manche Schwierigkeiten im Wege stehen, so führt uns doch jeder Versuch einer andern Lösung der Frage zu weit ernstern Widersprüchen, ja zu vollständigen Unmöglichkeiten. Noch schwieriger ist die Entstehung der geschichteten Kalke und Dolomite zu erklären, welche als ungeheuer mächtige, meist überaus versteinerungsarme Massen auftreten. Dieselben wurden, wie oben erwähnt, als Ablagerungen aus der Lagune des großen Wallriffes gedeutet; für manche Fälle mag das zutreffen, für die Mehrzahl der Vorkommnisse in Südtirol und im ganzen Gebiete der Nordalpen ist das sicher nicht der Fall. Jene gewaltigen Systeme von wohlgeschichteten Dolomiten, welche sich auf die höchsten Partien der Riffe auflegen, fügen sich natürlich einer solchen Deutung nicht, und für die gewaltige Zone der geschichteten Hauptdolomite in den Nordalpen fehlt in der Regel vollends jede Beziehung zu einem Riffe. Eine befriedigende Lösung dieses Rätsels gibt es noch nicht, doch scheinen nach den Untersuchungen von J. Walther wesentlich Kalkalgen an dem Aufbaue dieser Massen beteiligt, die ja auch in andern Formationen sehr wesentlich als Kalkbildner thätig sind.

Wie wir gesehen haben, ist die Mannigfaltigkeit der Sedimente in dem betrachteten Gebiete eine sehr große, und wir müssen das offenbar mit vielfachen bedeutenden Änderungen in den äußern Bedingungen in Zusammenhang bringen. Welcher Art diese Veränderungen waren, können wir natürlich nicht im einzelnen nachweisen; vermutlich kommt den großen vulkanischen Eruptionen, die während der obertriadischen Zeit stattfanden, eine bedeutende Rolle in dieser Beziehung zu, und besonders die große Ausbreitung ihrer Tuffmassen übt sehr großen Einfluß auf die ganze Gestaltung der Niederschläge. Außer solchen mehr oder weniger lokalen Einwirkungen sehen wir aber noch eine Umgestaltung in größerm Maßstabe sich in den geographischen Verhältnissen der Ostalpen vollziehen. Wir haben oben gesehen, daß die Fauna des Salzkammergutes (juvavische Provinz) während der norischen Stufe von derjenigen der Südalpen vollständig abweicht, und dasselbe fand auch noch in annähernd ähnlicher Weise während der Ablagerung der Cassianer Schichten statt. Man hat diese Erscheinung, wie es scheint mit vollem Rechte, dem Umstande zugeschrieben, daß die kristallinische Zentralkette der Alpen allerdings zwar nicht als ein mächtiges Gebirge, aber doch über den Meeresspiegel hervorragte. Später ändern sich die Verhältnisse, indem eine Vermengung und bedeutende Annäherung der beiderlei Faunen stattfindet. Allerdings gleicht sich der Unterschied zwischen der nordalpinen und der südalpinen Entwickelung nicht vollständig aus. Betrachten wir z. B. die dem mittlern Teile der karnischen Stufe angehörigen Raibler Schichten (Zone des **Trachyceras Aonoides**), so sehen wir, daß gewisse Formen, wie **Carnites floridus** unter den Ammoniten, ferner **Cardita crenata** und **Halobia rugosa** unter den Muscheln, der nördlichern Region eigen sind, andre Muscheln, z. B. **Pachycardia rugosa** und **Myophoria Kefersteini**, weiter im Süden auftreten. Die Grenze zwischen beiden Ausbildungsarten fällt aber nicht mehr mit der Grenze zusammen, welche heute die kristallinische Kette zwischen Nord- und Südalpen zieht, sondern in einem schmalen Streifen *südlich von der Zentralkette* herrschen noch die nordalpinen Typen vor. Diese Erscheinung ist nicht auf die Raibler Schichten beschränkt, sondern sie kehrt in ganz ähnlicher Weise in den der obersten Trias angehörigen rätischen Ablagerungen sowie im untern Teile des Jura, im Lias, wieder. Wir dürfen also daraus schließen, daß damals die Zentralkette der Alpen unter den Wasserspiegel tauchte, so daß eine *freie Verbindung zwischen dem nördlichen und dem südlichen Meere* hergestellt wurde.

Wir können die Entwickelung der norischen und karnischen Stufe in den Ostalpen nicht weiter verfolgen; das südöstliche Tirol hat uns einen ausgezeichneten Typus dieser Ablagerungen kennen gelehrt, das Salzkammergut einen zweiten, und namentlich der erstere gibt uns eine hinreichende Idee von den Verhältnissen, wie sie in andern Teilen dieser Region herrschen.

Das höchste Niveau der alpinen Trias stellen die *rätischen Ablagerungen* (Zone der **Avicula contorta**) dar; am häufigsten sind dieselben als thonige Kalke mit Mergeln und Schiefern, als sogenannte Kössener Schichten, welche eine reiche Fauna von Muscheln, Schnecken und Brachiopoden enthalten, entwickelt; die Ammoniten treten dagegen sehr in den Hintergrund, einige Formen unter ihnen erinnern noch sehr an triadische Typen, andre sind Vorläufer jurassischer Vorkommnisse, aber die erstere Kategorie wiegt vor, und zu ihr gehören die häufigsten und bezeichnendsten Arten, die Vertreter der Gattung **Choristoceras**, Formen mit sehr einfachen, ceratitischen Loben, bei welchen die einzelnen Windungen sich voneinander loslösen. Unter den Brachiopoden treten einige Formen, die in der paläozoischen Zeit ihre Hauptverbreitung besitzen, zum letztenmal auf, z. B. **Spirigera** und **Retzia**; unter den Muscheln finden wir bei größerer Reichhaltigkeit der Fauna alle jene Formen wieder, die wir in der deutschen Trias als die leitenden Fossilien des Bonebedsandsteines kennen gelernt haben, und die *Oppel* und *Sueß* den Nachweis der Gleichalterigkeit des letztern mit den Kössener Schichten ermöglichten.

Außer den thonigen Kalken sind in der rätischen Stufe der Alpen auch die lichten Kalke mit Durchschnitten von Megalodus von großer Mächtigkeit, wie wir sie schon in den tiefern Triashorizonten kennen gelernt haben. Hier enthalten sie häufig große Mengen von Riffkorallen und werden daher oft nach einem früher für solche Korallen gebräuchlichen Namen als Lithodendron-Kalke bezeichnet. Stellenweise ist die ganze rätische Stufe durch solche weiße Kalke vertreten, und diese verschmelzen dann mit den ältern Megalodus-Kalken zu einer riesigen untrennbaren Masse.

Hatte schon der Nachweis der Zusammengehörigkeit der rätischen Ablagerungen innerhalb und außerhalb der Alpen großes Aufsehen erregt, da hier zum erstenmal ein alpiner Horizont ganz genau mit einem außeralpinen identifiziert werden konnte, so steigerte sich die Aufmerksamkeit auf diese Vorkommnisse noch ganz außerordentlich, als Meinungsverschiedenheiten entstanden, ob der ganze Schichtenkomplex besser der Trias oder dem Jura zugeteilt werden solle. Wir stehen hier vor einer jener endlos ausgedehnten Debatten über die Abgrenzung zweier Formationen, welche Zeit und Arbeitskraft der Geologen so oft und in so unfruchtbarer Weise in Anspruch genommen haben, und die man geradezu als ein Unglück für die Wissenschaft bezeichnen müßte, wenn diese Haarspaltereien nicht wenigstens zu einem möglichst genauen Studium aneifern würden. An sich haben ja solche Kontroversen alle Bedeutung verloren, seitdem man sich von der Katastrophentheorie abgewendet hat; solange diese in Geltung war, konnte es allerdings als eine Frage von Bedeutung erscheinen, ob eine bestimmte Fauna noch als der letzte Ausläufer einer zu Ende gehenden oder als der Beginn einer neuen Periode bezeichnet werden solle. Seitdem wir aber wissen, daß die ganze geologische Geschichte von Anfang bis zu Ende eine ununterbrochene Entwickelung, das Vorhandensein scharfer Grenzen nur eine rein lokale Erscheinung darstellt, ist die Art und Weise der Grenzziehung an sich gleichgültig, und man wird nur die strengste Konsequenz in dieser Beziehung üben müssen, um stete Verwechselungen zu vermeiden.

Leider richten sich die meisten Geologen in der Praxis noch nach den Regeln der Katastrophentheorie, sie finden in einer Gegend, die sie gerade sehr genau untersucht haben, eine sehr scharfe Grenze an irgend einer Stelle der Reihenfolge und können sich nicht an den Gedanken gewöhnen, daß in andern Gegenden diese Grenze sich verwischt und eine andre Scheidelinie klarer hervortritt. Auf diesem Boden hat sich meist die Debatte über die rätische Frage bewegt; die einen hoben hervor, daß die betreffenden Schichten in Frankreich und wohl auch in andern Gegenden sich eng an den Lias anschließen, oder daß sie stellenweise, z. B. in Schweden, ohne Zwischenlagerung älterer Triasgesteine unmittelbar übergreifend auf dem Grundgebirge liegen. Dagegen konnte dann geltend gemacht werden, daß in den Ostalpen rätische Megalodus-Kalke auftreten, welche von den ältern Gesteinen nicht zu unterscheiden sind, während in Franken typische rote Keupermergel an dem Aufbaue der rätischen Stufe teilnehmen. Vom paläontologischen Standpunkte aus wurde die Verwandtschaft der Flora mit jener des Lias, das Vorkommen der ersten Pterodaktylen und Säugetiere, die Identität einzelner Arten mit höher liegenden liasischen Formen hervorgehoben; aber man konnte dagegen einwenden, daß Fische und Reptilien sich an jene der Trias anschließen, daß das Vorkommen großer Megalodonten von Myophorien, das letzte Auftauchen der paläozoischen Gattungen Spirigera, Retzia und einige ähnliche Erscheinungen der Fauna ein altertümliches Gepräge verleihen.

Es ist klar, daß die Diskussion in dieser Weise überhaupt zu keinem Ergebnisse führen konnte; zahllose Schriften über diesen Gegenstand erschienen, jede brachte wieder neue Argumente immer mit gleicher Erfolglosigkeit; von manchen Seiten hielt man es für das Beste, zur Beendigung der Diskussion einen Mittelweg einzuschlagen und die rätischen

Ablagerungen als selbständige Formation zwischen Jura und Trias zu stellen. Allein so große Wichtigkeit diesen Ablagerungen in den Ostalpen zukommen mag, so repräsentieren sie doch nicht entfernt eine Größe, die sich mit derjenigen andrer Formationen vergleichen läßt. Da die Frage nun trotz ihrer Gleichgültigkeit im großen doch eine Lösung finden muß, und wäre es auch nur, um Ordnung in die geologische Registratur zu bringen, so müssen wir den einzig richtigen und möglichen Weg einschlagen, wir müssen zusehen, wohin ursprünglich die streitigen Schichten gestellt wurden, wir folgen einfach den Regeln der Priorität. Der erste, welcher in einer bestimmten Gegend die Grenze zwischen oberer Trias und Jura näher feststellte, war Leopold v. Buch, der in der mitteldeutschen Region die bunten Mergel und ihre Sandsteine als Keuper zusammenfaßte und sie vom Lias, der untern Abteilung des Jura, trennte, welcher mit dunkeln Kalken beginnt. Gerade in dieser Gegend aber ist die rätische Stufe stellenweise ganz durch rote Keupermergel vertreten, und danach kann kein Zweifel herrschen, daß dieselbe nach den Regeln der Priorität zur Trias gehört.

Mit der rätischen Stufe beginnt die nähere Übereinstimmung der ostalpinen Ablagerungen mit denjenigen Mitteleuropas, die sich dann im Jura fortsetzt und steigert; in demselben Verhältnisse stehen aber auch die beiden großen Hauptabteilungen der Alpen zu einander; auch die Westalpen sind bis dahin von den Ostalpen vollständig verschieden, und erst seit der rätischen Stufe beginnt eine gewisse Ähnlichkeit zwischen beiden Gebieten. Dieser Gegensatz scheint in uralte Zeit zurückzureichen und besteht wesentlich darin, daß der östliche Teil der Alpen allein in frühen Perioden Ablagerungen mit Meeresversteinerungen enthält, welche dem Westen gänzlich fehlen. Während wir in den Ostalpen marine, fossilführende Schichten des Silur, Devon, der Kohlenformation, des Perm und namentlich in reichster Entwickelung solche der Trias kennen, ist in den ganzen Westalpen noch nicht die Spur eines Meerestieres gefunden worden, das älter wäre als die rätische Stufe oder die oberste Trias.

Die Ursache dieser Unterschiede läßt sich heute nicht mit Bestimmtheit bezeichnen. Über die paläozoischen Ablagerungen der Westalpen ist, abgesehen von dem Auftreten von Schiefern mit Kohlenpflanzen und von der Vertretung der Permformation durch die Konglomerate und Quarzite des sogenannten Verrucano und den fossilleeren Röthidolomit, nur sehr wenig bekannt. Ein großer Teil der paläozoischen Ablagerungen scheint hier sehr stark metamorphosiert und in Form kristallinischer und subkristallinischer Schiefer vertreten zu sein. Jedenfalls aber bleibt es auffallend genug, daß westlich von der Rheinlinie noch nie im Osten an so zahlreichen Stellen paläozoische Marinfossilien gefunden worden sind.

Noch weit auffallender werden jedoch die Unterschiede in der Trias, wie das namentlich von Mojsisovics hervorgehoben worden ist. In den ganzen Ostalpen von Wien und Marburg bis an den Bodensee, das obere Rheinthal und den Luganer See wird die große Hauptmasse der Kalkzonen durch die Massen der Triasgesteine gebildet, während Jura und Kreideablagerungen daneben nur eine untergeordnete Rolle spielen. Sowie wir die Rheinlinie überschreiten, ist jede Spur von marinen Triasbildungen verschwunden, die Kalkalpen bestehen wesentlich aus Jura- und Kreideschichten, zu denen sich noch bis zu einem ansehnlichen Grade alttertiäre Nummulitenkalke gesellen; wohl treten weiterhin in den Westalpen Bildungen auf, die der Trias zugerechnet werden können, allein sie weichen total von dem marinen Typus der Ostalpen ab. Gewisse Schiefergesteine, die hierher gerechnet werden, lassen sich weit eher mit den Keupermergeln des südlichen und mittlern Deutschland vergleichen, ja selbst bei dem ersten Auftreten mariner Fossilien in den Westalpen in der rätischen Stufe zeigt die Entwickelung weit mehr Ähnlichkeit mit den außeralpinen Bonebedsandsteinen als mit den ostalpinen Kössener Schichten und Lithodendron-Kalken.

Im Jura und in der Kreideformation verringern sich die Unterschiede zwischen den beiden Abschnitten der Alpen sehr erheblich, die alpinen Ablagerungen erhalten einen gemeinsamen Typus den außeralpinen gegenüber; aber trotzdem bleibt noch immer der Unterschied zwischen der östlichen und der westlichen Entwickelung sehr beträchtlich: die erstere zeigt in der Gesteinsentwickelung wie in der Fauna schärfer ausgeprägten alpinen Habitus, die andre größere Verwandtschaft mit den mitteleuropäischen Verhältnissen.

So sehen wir, daß die Scheidelinie zwischen östlichen und westlichen Alpen, die ungefähr durch das obere Rheinthal von Bregenz bis Chur und die Verlängerung dieser Linie nach dem Comersee gegeben ist, in einer überaus wichtigen Grenze für die Entwickelung der verschiedensten Formationen zusammenfällt. Allerdings halten sich die einzelnen Entwickelungsarten nicht genau an diese Scheidung nach dem heutigen Thallaufe, einige brechen wirklich genau hier ab, wie das z. B. bei der Trias der nördlichen Kalkzone der Fall ist, in andern Formationen zeigen sich, wie natürlich zu erwarten ist, mannigfache Schwankungen, die einzelnen Gebilde greifen etwas von der einen auf die andre Seite über, ohne aber die Grenzdistrikte zu überschreiten. So erreichen die paläozoischen Marinablagerungen von Osten her die Rheinlinie nicht, während die Triaskalke der Südalpen ziemlich weit über dieselbe nach Graubünden und in der Region der oberitalienischen Seen bis an den Luganer See übergreifen und die Jura- und Kreidebildungen des größten Teiles von Vorarlberg noch ganz den westlichen Typus zeigen, ja einzelne Ausläufer der Schweizer Kreide-Entwickelung sich bis an den Lech bei Füssen verfolgen lassen.

Der tiefgreifende Unterschied, welcher sich während unermeßlich langer Zeiträume zwischen den Sedimentablagerungen der Ost- und Westalpen geltend macht, gehört zu den wichtigsten Erscheinungen der Alpengeologie; eine hinreichende Erklärung dafür zu geben, sind wir aber noch nicht im stande; soweit unsre Kenntnisse reichen, erreicht der Gegensatz zwischen den beiden benachbarten Gebieten seinen Höhepunkt zur Zeit der Triasformation.

Weitere Verbreitung der Trias.

Die übrigen nach alpinem Typus gebauten Länder Europas enthalten an zahlreichen Punkten Ablagerungen der Trias, doch ist nirgends eine Entwickelung vorhanden, welche sich an Reichtum der Gliederung wie der Fossilien mit den östlichen Alpen auch nur entfernt messen kann. Allerdings sind einzelne Horizonte an diesem oder jenem Punkte sehr schön entfaltet, z. B. die Ceratitenfauna der Werfener Schichten im nordöstlichen Dalmatien und die Muschelkalkbildungen von Sarajewo in Bosnien, die an Artenmenge und schöner Erhaltung ihrer Fossilien alle gleichalterigen Vorkommnisse übertreffen. Dagegen sind in der bosnisch-dalmatischen Region die höhern Triashorizonte durch fast ganz fossilleere Kalke vertreten, nur ganz vereinzelt sind unbedeutende Fossilvorkommnisse bekannt. Eine andre Gegend, welche bemerkenswerte Triasablagerungen geliefert hat, ist der Bakonyer Wald nördlich vom Plattensee in Ungarn, wo sich namentlich der Muschelkalk und der untere Teil der norischen Stufe in mediterraner Entwickelung finden. Dagegen ist in dem mächtigen Gebirgsbogen der Karpathen die Trias überaus dürftig entwickelt; die rätische Stufe ist oft durch die versteinerungsreichen Mergel und Kalke der Kössener Schichten repräsentiert, sonst gibt es fast nur fossilfreie Kalke und Dolomite, und stellenweise greift auch eine Entwickelung von ganz außeralpinem Charakter ein, rote Schiefer und Thone und helle Sandsteine, welche sich nur mit den mitteleuropäischen Keuperbildungen vergleichen lassen. Nur an sehr wenigen Punkten finden sich obertriadische Ammonitenkalke, so bei Pozoritta in der Bukowina, wo sie dem Cassianer Horizonte der mediterranen Entwickelung

entsprechen, ferner in der Gegend von Balan im östlichen Siebenbürgen, wo norische Ablagerungen von juvavischem Charakter auftreten. Erwähnen wir noch das von Toula nachgewiesene Vorkommen von Muschelkalk im Balkan, so ist damit so ziemlich erschöpft, was wir in dieser Richtung aus dem südöstlichen Europa wissen. Ammonitenführende Triaskalke sind ferner im Madoniengebirge bei Palermo in Sizilien gefunden worden, und eine kleine Fauna norischen Alters hat Verneuil bei Mora am Ebro in Spanien entdeckt. Die alpine Entwickelung herrscht hier nur im südöstlichen Teile der Pyrenäischen Halbinsel, im Nordwesten der außeralpine Typus.

Wenn wir auf das Vorkommen der hochmarinen oder alpinen Trias in Europa zurückblicken, so fällt im Vergleiche mit andern Formationen die außerordentlich geringe Verbreitung wirklich fossilreicher Ablagerungen und deren sehr zerstreutes Vorkommen auf; ähnlich verhält es sich auch außerhalb Europas, wir kennen eine bedeutende Zahl einzelner Punkte, an denen marine Triasfossilien gefunden worden sind, nirgends aber eine gleichmäßige und weite Verbreitung derselben. In der größten Ausdehnung sind wohl Ablagerungen der untern Trias nachgewiesen, mit einer Ammonitenfauna, welche sehr an diejenige der Werfener Schichten in den Alpen erinnert, aber sich doch meist in manchen wichtigen Punkten von dieser unterscheidet. So ist namentlich die in den Alpen dominierende Gattung Tirolites außerhalb nur in wenigen Gegenden vorhanden, während an den auswärtigen Fundpunkten dafür die Gattung Dinarites sehr entwickelt ist und auch andre eigentümliche Typen, wie Xenodiscus rc., auftreten. Von den sehr wenigen Vorkommnissen in fernen Gegenden, die sich ganz an die Entwickelung in den Alpen anschließen, ist vor allen der ganz isolierte Bogdoberg in der Astrachanschen Steppe an der untern Wolga zu nennen, dessen Ammonitenfauna schon seit L. v. Buch viel genannt worden ist. Hier kommen nach Mojsisovics typisch mediterrane Formen aus den Gattungen Tirolites und Balatonites vor, ja zwei Arten, unter ihnen der charakteristische Tirolites Cassianus, sind in beiden Gegenden vollständig übereinstimmend. Außerdem geben nur noch einige wenige von Abich am Araxes bei Djulfa in Armenien gefundene Fossilien Andeutung von einer der alpinen ähnlichen Ausbildungsweise; wir haben es hier mit den Angehörigen einer und derselben geographischen Provinz zu thun, welche von allen andern Vertretern desselben Horizontes bedeutend verschieden sind.

Jener andre Typus der untern Trias, welcher dem mediterranen gegenübersteht, ist besonders reich an einigen hochnordischen Punkten entwickelt, deren Fauna namentlich durch die Untersuchungen von Mojsisovics genau bekannt geworden ist. Eine Anzahl von Arten sind durch die schwedischen Expeditionen aus Spitzbergen mitgebracht worden, die ausgezeichnetsten Vorkommnisse aber sind im nördlichen Sibirien in der Nähe der Mündung des Olenek in das Eismeer. Dort wurden schon vor vielen Jahren Exemplare durch den kühnen Reisenden Middendorf gesammelt und von Keyserling beschrieben, deren Entdeckung großes Aufsehen erregte; in neuerer Zeit aber brachte Czekanowski große Mengen von Fossilien von denselben Fundstellen mit. Neben diesen Lokalitäten im Polargebiete sind noch andre von ganz ähnlichem Charakter in der Umgebung des Stillen Ozeanes vorhanden. Vereinzelt allerdings erscheinen dieselben auf Japan und der malayischen Insel Timor, in größerer Zahl liegen Fossilreste dieses Alters aus dem westlichen Teile der Vereinigten Staaten von Nordamerika vor, und Steinmann hat einige Vertreter in Südamerika in den chilenischen Anden angetroffen. Endlich sind in der Salt Range, im nördlichen Pandschab und im Himalaja nahe verwandte Ablagerungen vorhanden.

Derselbe Gegensatz gegen die mediterrane Entwickelung macht sich auch im Muschelkalke von Spitzbergen, Nordamerika, des Himalaja geltend, und ebenso verhält es sich mit den obertriadischen Ablagerungen im westlichen Nordamerika, in Neuseeland,

Neukaledonien, Japan und im Himalaja. Die Bildungen aller dieser Gegenden sind untereinander nahe verwandt; wie Teller gezeigt hat, ist namentlich eine Familie von Muscheln, die Gruppe der Pseudomonotes ochotica, hier weit verbreitet und findet sich außer an den genannten Punkten auch bei Werchnojansk an der Jana im nordöstlichen Sibirien, an der Südküste des Meerbusens von Ochotsk und in Südamerika.

Es sind allerdings nur vereinzelte, über ein ungeheures Areal zerstreute Punkte, die wir hier flüchtig genannt haben, allein selbst aus diesen noch dürftigen Thatsachen geht eins hervor, daß nämlich zur Triaszeit ein großes, zusammenhängendes Meeresbecken vorhanden war, welches ungefähr dem heutigen Pazifischen Ozeane und dem Nördlichen Eismeere entsprach, und innerhalb dessen die Meeresfauna eine ziemlich gleichmäßige gewesen zu sein scheint. Ein Ausläufer dieses gewaltigen Ozeanes erstreckte sich nach dem nördlichen Indien, und zwar ist es nach den verwandtschaftlichen Beziehungen der Tierreste wahrscheinlich, daß die Verbindung der indischen Bucht mit dem offenen Wasser gegen Norden stattfand.

Während wir so zwei der heutigen Meeresbecken in der Triaszeit schon der Hauptsache nach dem heutigen Zustande ähnlich ausgebildet sehen, verhält es sich in andern Regionen ganz anders. Wir haben uns oben überzeugt, daß der Raum, welchen heute der Indische Ozean bedeckt, damals großenteils von festem Lande eingenommen war, und ebenso muß es in hohem Grade zweifelhaft erscheinen, daß der Atlantische Ozean schon existierte. Nirgends, weder an seiner östlichen noch an seiner westlichen Küste, weder an dem atlantischen Ufer Europas und Afrikas noch an dem Amerikas, ist bis jetzt eine Spur von mariner Trias gefunden worden, und die daraus sich ergebende Vermutung, daß das atlantische Becken eine spätere Bildung sei, werden wir bei der Besprechung der Juraformation in deutlicher Weise bestätigt finden.

Es bleibt uns noch das Verhältnis zu betrachten, in welchem die triadischen Meeresablagerungen der alpinen Region zu denjenigen der arktisch-pazifischen stehen. Wo immer wir die ammonitenführende Ausbildung der Werfener Schichten und des Muschelkalkes in den Alpen aufsuchen, ist ihre Bevölkerung eine ziemlich gleichartige und von der arktisch-pazifischen verschiedene, so daß wir mit der größten Wahrscheinlichkeit auf das Vorhandensein zweier gesonderter Becken schließen dürfen. Da nun die alpine Region nach der Verteilung der Triassedimente weder nach Süden noch nach Norden und aller Wahrscheinlichkeit nach auch nicht nach Westen mit dem offenen Ozeane in Verbindung stehen konnte, so muß eine solche nach Osten, gegen den arktisch-pazifischen Ozean vorhanden gewesen sein; ja, wir können aus dem Umstande, daß in der indischen Trias sich Typen aus beiderlei Regionen mischen, mit ziemlicher Sicherheit schließen, daß hier die Meeresstraße verlief, durch welche das alpine Mittelmeer mit dem Ozeane zusammenhing.

Anders gestalten sich die Verhältnisse in der obern Trias. Hier sind, wie oben gezeigt wurde, im alpinen Gebiete selbst zwei verschiedene Ausbildungsarten, die mediterrane und die juvavische, welche wenigstens während der norischen und des ersten Teiles der karnischen Stufe in ihrer Fauna die schärfsten Gegensätze zeigen. Dabei finden sich in der mediterranen Region namentlich solche Formen, die sich an die alpinen Muschelkalktypen anschließen und wahrscheinlich von diesen abstammen, während die juvavischen Arten, die Vorkommnisse des Salzkammergutes, zu denjenigen des arktisch-pazifischen Ozeanes in inniger Beziehung stehen. Es ist also hier offenbar eine Kolonie aus dem großen Weltmeere eingedrungen, die nun eine eigenartige Entwickelung einschlägt, ein fremdes Element im Gegensatze zu der autochthonen Bevölkerung des mediterranen Ausbildungsgebietes.

So weit können wir wenigstens in den rohesten Umrissen einige der geographischen Züge der Triaszeit erfassen. Welcher Art aber die Verbindung der juvavischen Region gegen

LANDSCHAFT DER JURAPERIODE

Digitized by Google

Osten war, wie sie sich gegen die mediterrane Region abschloß, das ist eine vorläufig noch ungelöste Frage. Das Becken, in welchem sich die mitteleuropäische Trias ablagerte, war anfangs mit dem alpinen in Verbindung, dann aber sonderte es sich von diesem ab, und aller Wahrscheinlichkeit nach erhielt es etwa um die Mitte der Muschelkalkzeit eine Zuwanderung aus einem andern uns unbekannten Gebiete, wie es die eigentümliche Ammonitenfauna des obern deutschen Muschelkalkes zeigt. Ungefähr mit Beginn der Keuperzeit schloß sich aber dieses Becken gegen außen ganz oder fast ganz ab, sein Wasser süßte sich aus, und nur vereinzelte Einbrüche des Meeres fanden auf ganz kurze Zeit statt, wie die isolierten und wenig mächtigen Bänkchen mit Meeresmuscheln im deutschen Keuper zeigen. England erreichten die marinen Elemente während der ganzen Triaszeit gar nicht, und dasselbe war im östlichen Teile von Nordamerika der Fall; wahrscheinlich war über allen diesen Regionen ein großes Festland mit einigen riesigen Binnenseen vorhanden. Gegen Ende der Triasperiode, während Ablagerung der rätischen Stufe, fand dann wieder eine weit offene Verbindung zwischen der mitteleuropäischen und alpinen Region statt, marine Einwanderer aus dem letztern Gebiete dringen bis Irland, England und Schweden vor, und mit Beginn der Juraformation ist der größte Teil von Mitteleuropa von hohem Meere bedeckt.

---

5. Die Juraformation.

(Hierzu die beigeheftete Tafel „Landschaft der Juraperiode".)

Inhalt: Charakter und Gliederung des Jura. — Die Tierwelt des Jura. — Formenmenge der Jurafauna. — Der Jura in Mitteleuropa. — Der alpine Jura. — Weitere Verbreitung und geographische Verhältnisse des Jura.

Charakter und Gliederung des Jura.

Der Jura, die zweite der großen mesozoischen Formationen, hat seinen nun allgemein angenommenen Namen von dem Juragebirge erhalten, während die früher vielfach gebrauchte Bezeichnung Oolith, nach der Gesteinsbeschaffenheit eines Teiles seiner Ablagerungen, so ziemlich außer Übung gekommen ist. In außerordentlich reicher Gliederung und mit einer ungeheuern Menge ausgezeichnet erhaltener Versteinerungen treten seine Ablagerungen gerade in solchen Gegenden auf, in welchen das Studium der Geologie seit sehr langer Zeit und mit besonderm Eifer getrieben wird; Schwaben und Franken, das Juragebirge in der Schweiz, weite Flächen in Frankreich und England, endlich das nordwestliche Deutschland, das sind die Gegenden, in welchen seit vielen Dezennien eine Menge von Forschern unermüdet dem Studium dieser Formation obliegen. Infolgedessen ist die Zahl der bekannt gewordenen Versteinerungen eine sehr große, die Zahl der kleinen Horizonte, welche hier unterschieden werden konnte, eine sehr bedeutende, und viele unter ihnen kann man schon jetzt über sehr weite Strecken verfolgen.

Man liest häufig in geologischen Büchern, daß die letztere Erscheinung eine Folge der außerordentlich ruhigen und ungestörten Sedimentbildung sei, ein Satz, der nicht die mindeste Berechtigung für sich hat. Von ganz ruhiger und ungestörter Schichtbildung kann man da sprechen, wo man ein und dasselbe Gestein ohne irgend welche Verschiedenheit von oben bis unten in ungeheurer Mächtigkeit auftreten sieht, im Jura aber und namentlich in seiner untern und mittlern Abteilung, die man ganz besonders hervorzuheben pflegt, findet genau das Gegenteil statt. In endlosem Wechsel folgen Kalke, Oolithe, Mergel, Thone, bituminöse Schiefer, Sandsteine, Sandkalke aufeinander, fast jede dieser Änderungen in der

Gesteinsbeschaffenheit ist bedingt durch eine Änderung in der Art der Schichtbildung, und wenn wir dazu noch die geradezu verwirrenden Verhältnisse der Schwammkalke und Korallenriffe im obern Jura rechnen, so finden wir, daß in Mitteleuropa der Jura gerade der Typus sehr unregelmäßiger Sedimentbildung ist, und daß es gerade diese Buntscheckigkeit, die Leopold v. Buch treffend mit einem bunten Teppiche verglich, daß es der oft wiederholte Gesteinswechsel ist, welcher die Unterscheidung all der einzelnen Horizonte hier erleichtert.

Der erste, welche eine eingehendere Gliederung des Jura gab, war William Smith in England. Ihm folgte Leopold v. Buch mit seiner ausgezeichneten Einteilung des Jura in Deutschland, in welcher er eine untere Stufe, den schwarzen Jura oder den Lias, eine mittlere, den braunen Jura, und eine obere, den weißen Jura, unterschied und außerdem noch eine Reihe kleinerer Unterabteilungen festhielt. Die Bezeichnung der Jurastufen nach der Farbe der Gesteine hat in Deutschland, wo sie der Natur trefflich entspricht, vielfach Annahme gefunden, namentlich der weiße und braune Jura, während der schwarze sich nie gegen den bequemen und alteingebürgerten Ausdruck Lias Geltung verschaffen konnte. In andern Ländern dagegen ist diese Benennung nach der Farbe nicht angenommen worden, zumal die Färbung der Schichten nicht überall dieselbe ist, und in der That wäre es auch z. B. mißlich, in den Karpathen eine weiße Kalkablagerung als braunen, eine rote als weißen Jura zu bezeichnen.

Ein weiteres Stadium in der Untersuchung des Jura bezeichnen die Arbeiten des französischen Paläontologen d'Orbigny, welcher zehn verschiedene Unterabteilungen unterschied und deren Vorkommen in verschiedenen Ländern nachwies. Es war das ein gewaltiger Fortschritt, zumal mit diesen geologischen Arbeiten auch die genaue Abbildung und Benennung einer Menge von Versteinerungen Hand in Hand ging; allein zu diesen großen Verdiensten gesellen sich manche Verirrungen. D'Orbigny war der Ansicht, daß jede dieser Abteilungen allgemeine Verbreitung habe, und zwar sollten dieselben überall genau mit denselben Merkmalen, mit denselben Versteinerungen auftreten, kein Unterschied der Faciesentwickelung, der geographischen Verbreitung, der klimatischen Verhältnisse irgend welchen Einfluß üben und keine der Stufen mit der andern auch nur eine Art von Fossilien gemein haben[1]. Wir finden bei ihm die Katastrophentheorie in ihrer starrsten dogmatischen Ausbildung bis ins äußerste Extrem entwickelt.

Ganz andre Wege ging Quenstedt, der berühmte Tübinger Juraforscher. Er bekümmerte sich sehr wenig um alles, was außerhalb Schwabens war, er konzentrierte seine ganze Arbeitskraft und sein hervorragendes Beobachtungstalent auf dieses kleine Gebiet und erzielte denn auch hier Erfolge, wie sie vor ihm auf stratigraphischem Gebiete unerhört waren. Er unterschied in den drei Hauptabteilungen des Jura je sechs Glieder, und da er in manchen dieser Gruppen weitere Abteilungen trennte, so wies er im ganzen gegen 30 verschiedene Horizonte nach, die er von einem Ende des Landes bis zum andern verfolgen konnte; ja, in der Bestimmung des Lagers der einzelnen Fossilien kam man nun so weit, daß man in manchen Fällen es schon als eine Abweichung von den gewöhnlichen Verhältnissen bezeichnen konnte, wenn eine Art an einem Punkte um eine Handbreit tiefer in der Reihenfolge der Schichten auftrat, als es die Regel angab. Heute allerdings gibt es manche Gegenden, welche in dieser Weise durchforscht sind, nachdem Quenstedt den Weg hierzu gewiesen hatte; aber im schwäbischen Jura sah man zum erstenmal ein mächtiges, weit ausgebreitetes Flözgebirge bis in seine kleinsten Einzelheiten untersucht. Dieser Vorgang war von entscheidender Wichtigkeit für die Richtung und Entwickelung der stratigraphischen Geologie, erst von da an erreichte

---

[1] Diese letztere Ansicht konnte d'Orbigny nicht überall ganz konsequent durchführen, und er mußte vereinzelte Ausnahmen zugestehen.

dieselbe wenigstens auf manchen Gebieten jene Schärfe der Beobachtung, deren sie unbedingt bedarf.

Einen Schritt weiter ging Oppel, Quenstedts Schüler. Sie beide können zusammen als die Begründer der neuern Stratigraphie gelten, zu deren Entwickelung ihre Arbeiten trotz des formellen Gegensatzes in der Darstellung harmonisch zusammenwirkten. Oppel, aufs genaueste mit den württembergischen Verhältnissen vertraut, untersuchte auf längern Reisen die Jurabildungen Frankreichs und Englands; er führte in den verschiedensten Teilen dieser Länder eine konsequente Gliederung durch, welche mit der süddeutschen trefflich übereinstimmte. Er teilte den ganzen Jura in etliche dreißig Zonen, die er der großen Mehrzahl nach durch Deutschland, England und Frankreich verfolgte, und deren auffallende Beständigkeit er hervorhob. Gleichzeitig aber betonte er auch die Unterschiede aufs schärfste, welche in der lokalen Ausbildung dieser Horizonte durch die äußern Bedingungen hervorgerufen werden. Oppel konnte sein Werk nicht zu Ende führen; ein früher Tod entriß ihn seinem rastlosen Schaffen. Seine Nachfolger arbeiteten an der gestellten Aufgabe weiter, und den vereinigten Anstrengungen vieler ist es nun gelungen, die Gliederung des Jura und die Verfolgung seiner Horizonte über weite Strecken auf eine Höhe zu bringen, wie sie bei keiner andern Formation erreicht worden ist.

Man hat oft gefragt, was denn eine solche minutiöse Gliederung für eine wissenschaftliche Bedeutung habe; die Antwort darauf ist in dem ersten Abschnitte dieses Bandes (S. 16 ff.) gegeben; es genügt hier, daran zu erinnern, daß wir nur auf diese Weise einen Einblick in die Gesetze der Verbreitung und Umgestaltung der fossilen Organismen, in die Mechanik der Artenveränderung gewinnen können.

Als ein Beispiel mag hier die jetzt übliche Einteilung des Jura mitgeteilt werden.

I. Oberer Jura (Malm, weißer Jura).

A. Tithonstufe.

1) Zone des Perisphinches transitorius.
2) = = Aspidoceras cyclatum.

B. Kimmeridgestufe.

3) = des Hoplites Eudoxus.
4) = der Oppelia tenuilobata.

C. Oxfordstufe.

5) = des Peltoceras bimammatum.
6) = = - transversarium.
7) = = Aspidoceras perarmatum.

D. Kellowaystufe.

8) = = Peltoceras athleta.
9) = = Cosmoceras Jason.
10) = = Macrocephalites macrocephalus.

II. Mittlerer Jura (brauner Jura, Dogger).

E. Bathstufe.

11) Zone der Oppelia aspidoides.
12) = = Parkinsonia ferruginea.

F. Bayeuxstufe (Unteroolith).

13) = = Parkinsonia Parkinsoni.
14) = des Stephanoceras Humphreisianum.
15) = = - Sauzei.
16) Zone des Harpoceras Sowerbyi.
17) = = - Murchisonae.
18) = = - opalinum.

III. Lias (schwarzer, unterer Jura).

G. Oberer Lias.

19) Zone des Lytoceras jurense.
20) = = Coeloceras crassum.
21) = = Harpoceras bifrons.

H. Mittlerer Lias.

22) = = Amaltheus spinatus.
23) = = - margaritatus.
24) = = Aegoceras Davoei.
25) = = Amaltheus ibex.
26) = = Aegoceras Jamesoni.

I. Unterer Lias.

27) = = Arietites raricostatus.
28) = = Amaltheus oxynotus.
29) = = Arietites obtusus.
30) = = Pentacrinus tuberculatus.
31) = = Arietites Bucklandi.
32) = der Schlotheimia angulata.
33) = des Psiloceras planorbis.

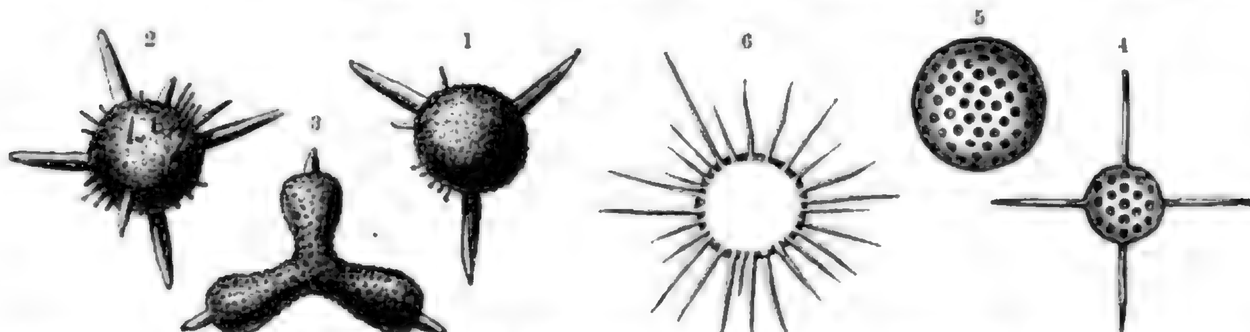
Die Zonengliederung Oppels ist zunächst auf die mitteleuropäischen Verhältnisse gegründet, und schon hier stieß man auf manche Bedenken, als man diese Menge von Abteilungen in verschiedenen Gegenden wiederzufinden suchte; aber bald zeigte es sich, daß auch in der alpinen Region, in den Alpen, Karpathen, Apenninen, in Sizilien, Spanien und Algerien dieselbe Vergesellschaftung der Versteinerungen in einzelnen Zonen und dieselbe Reihenfolge der

letztern wiederkehrt. Allein alle Vermutungen, die kühnsten Spekulationen über die räumliche Ausbreitung, über welche Zonen ohne durchgreifende Änderung ihres Charakters verfolgt werden können, wurden durch die handgreiflich beobachteten Thatsachen überboten, als Waagen zeigte, daß im Jura von Cutch an der Mündung des Indus genau dieselben Zonen wiederkehren, wie sie in Europa vorhanden sind, und hier die europäischen Verhältnisse mit einer Genauigkeit kopiert sind, die geradezu als eine Schwierigkeit für die Erklärung empfunden wird. Später zeigte Beyrich, daß ähnliche Verhältnisse auch im äquatorialen Afrika vorhanden sind, die Arbeiten von Gottsche und Steinmann machen dasselbe für Südamerika in hohem Grade wahrscheinlich, und selbst für Australien liegen bestimmte Anzeichen vor, daß dort dieselben Verhältnisse herrschen. Natürlich gilt das nur von den Vorkommnissen, in welchen die universelle Meeresfauna vorliegt, welche zum großen Teile aus schwimmenden Tieren der hohen See, namentlich aus Ammoniten, besteht; wo diese fehlen und z. B. die lokalen Spezialfaunen von Korallriffen, von thonigen, muschelreichen Seichtwasserablagerungen an ihre Stelle treten, da gelingt natürlich die Zonengliederung nicht, und wir geraten oft schon in die größten Schwierigkeiten, wenn wir solche Gebilde aus naheliegenden Gegenden untereinander oder mit den benachbarten Ammonitenschichten parallelisieren wollen. Allein nicht nur in diesen Fällen treffen wir auf Hindernisse, sondern dieselben treten auch oft in unerwarteter Weise beim Vergleiche ammonitenführender Schichten untereinander auf, nicht etwa nur bei überaus weit voneinander entfernten Ablagerungen, sondern unter Umständen sehen wir auffallende Gegensätze und eine Abweichung der Zonenentwickelung bei nicht sehr weit entlegenen Vorkommnissen. So würde man vergeblich alle die Abschnitte, die man in Mitteleuropa unterschieden hat, in der Gegend von Moskau aufsuchen oder diejenigen von Cutch im Himalaja nachweisen wollen. Wir können diese Abweichungen nicht durch Faciesunterschiede erklären und ebensowenig durch den räumlichen Abstand oder klimatische Unterschiede, da diese Ursachen noch weit eher eine Abweichung zwischen Indien, Europa und Südamerika bedingen müßten. Wir müssen also nach einer andern Ursache suchen, und diese kann nur in einem Verkehrshindernisse, in dem Vorhandensein einer kontinentalen Trennung liegen; wir haben es in diesen Fällen mit den Angehörigen verschiedener Meeresbecken zu thun, die durch festes Land ganz oder größtenteils voneinander geschieden sind.

Wir erhalten hier zweierlei Resultate: das eine ist, daß die in einer Gegend nachgewiesene Zonengliederung nur für das Meeresbecken Gültigkeit haben kann, welchem dieselbe angehört, und daß getrennte Meere selbständige Entwickelung zeigen, das andre, daß wir in der Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit der pelagischen Faunen zweier Gebiete ein Kriterium haben, das uns ein Urteil darüber gestattet, ob die betreffenden Meeresbezirke zur damaligen Zeit in offener Verbindung miteinander waren oder nicht. In diesem Umstande finden wir das wichtigste Mittel, um die Lage der alten Meere und Festländer nachzuweisen. Anderseits hat die Erfahrung gelehrt, daß innerhalb eines und desselben Ozeanes gelegene Faunen bei vorhandener Übereinstimmung in der Zonengliederung in gewissen Einzelheiten, in der Verbreitung gewisser Gattungen voneinander abweichen, und daß diese Verschiedenheiten wesentlich von der geographischen Lage, speziell von nördlicherer oder südlicherer Position, abhängen, und wir können daraus ableiten, daß wir es mit den Wirkungen klimatischer Verschiedenartigkeit zu thun haben. Auf diese Weise erhalten wir die Möglichkeit, durch sehr genaue Untersuchung der Aufeinanderfolge und Verbreitung der Versteinerungen wichtige Schlüsse über die physikalisch-geographischen Verhältnisse der Erde zur Jurazeit abzuleiten; wir können uns jedoch damit für den Augenblick nicht näher befassen, wir müssen vorher die Fauna und die Gliederung des Jura etwas näher kennen lernen.

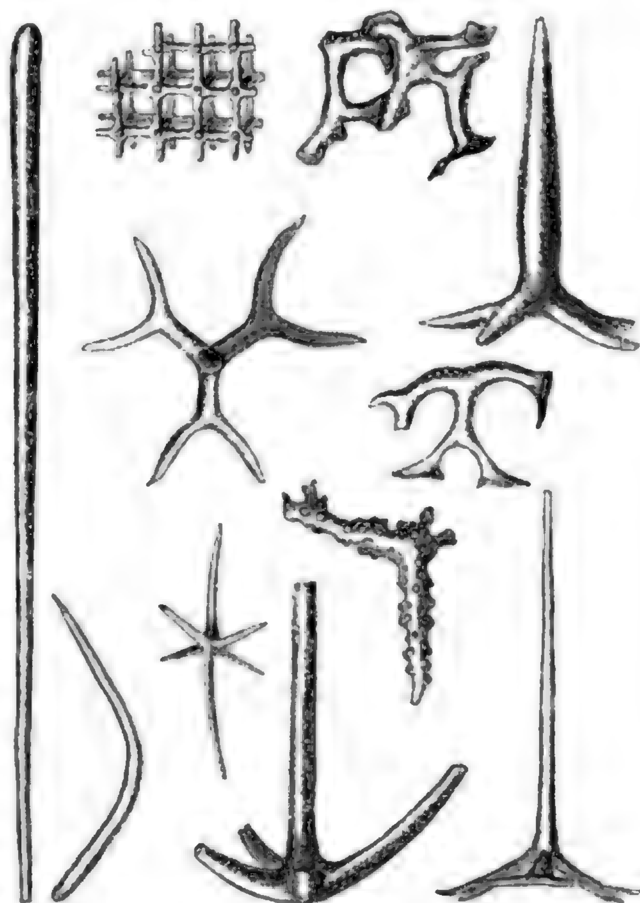
Die Tierwelt des Jura.

In der Tierwelt treten uns hier zum erstenmal viele sehr artenreiche Foraminiferenfaunen von fast lauter kleinen, mikroskopischen Formen entgegen, wie wir sie aus keinem frühern Abschnitte der Erdgeschichte in solcher Menge kennen. Hunderte von Arten aus



Radiolarien: 1 bis 3. aus dem Lias der Alpen (nach Dunikowski); — 4 bis 6. aus dem Lias Italiens (nach Pantanelli). Sämtlich stark vergrößert.

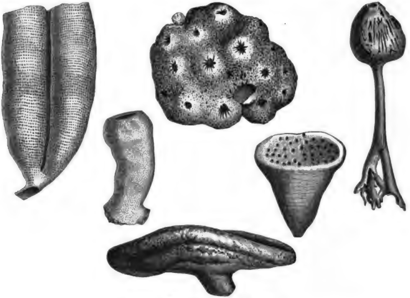
den verschiedensten Horizonten und Gegenden sind schon beschrieben worden, und doch kennen wir sicher erst einen kleinen Teil der ganzen Menge. Man könnte glauben, daß hier ein sehr bedeutender Unterschied gegenüber den ältern Formationen vorliege, daß die Foraminiferen plötzlich stark zugenommen haben. Das ist aber nicht der Fall, die Abweichung ist nur eine scheinbare, durch den Erhaltungszustand bedingte; der Jura enthält eine große Menge plastischer Thone von marinem Ursprunge, und aus solchen gelingt es mit Leichtigkeit durch einfaches Schlämmen die Schälchen zu befreien, während das bei den Thonschiefern und Schieferthonen der ältern Formationen nicht der Fall ist; und bei diesen fehlt daher das einzige Mittel, leicht und bequem die Foraminiferenreste zu gewinnen. Neben ihnen treten auch die überaus zierlichen, winzig kleinen Kieselgerüste der Radiolarien (s. obenstehende Abbildungen), wie es scheint, in sehr großer Fülle auf, doch ist deren Studium bisher noch stark vernachlässigt worden; sie scheinen stellenweise einen wesentlichen Anteil an dem Aufbaue mancher Kieselgesteine zu nehmen.



Kieselnadeln verschiedener Spongien, bedeutend vergrößert. (Nach Zittel.)

Eine sehr wichtige Rolle spielen, wenigstens in gewissen Ablagerungen, die **Meerschwämme** oder **Spongien** und unter ihnen namentlich die Formen mit kieseligem Skelete, die sogenannten Kieselspongien (s. nebenstehende Abbildung), von denen schon bei der Schilderung der Silurfauna die Rede war. Unter ihnen sind namentlich die **Hexaktinelliden** sehr stark vertreten mit ihrem aus überaus zierlichen sechsstrahligen Nadeln zusammengesetzten Gerüste und nächstdem die

sogenannten Lithistiden mit unregelmäßig geformten, knorrig-ästigen Skeletelementen und sehr kompaktem, festem Baue. In großer Menge erfüllen ihre verschieden geformten Körper, welche die Form von Tellern, Bechern, Kegeln, Cylindern ꝛc. annehmen, gewisse Schichten (s. untenstehende Abbildung); aber wie ihre Verwandten in der Jetztzeit, sind auch sie in ihrem Vorkommen sehr launenhaft und ungleich. Die lebenden Kieselschwämme fehlen dem seichten Wasser wie den tiefsten Abgründen des Meeres, sie nehmen vorwiegend die Mittelregion zwischen beiden ein und sind namentlich auf Globigerinenboden (s. Band I, S. 578) am reichlichsten entwickelt. Aber auch hier ist ihre Verbreitung keine allgemeine,



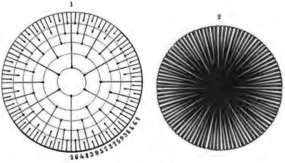
Verschiedene Spongien aus Jura und Kreide.

auf manchen Strecken sind sie in ungeheurer Menge vorhanden, in andern Regionen scheinen sie zu fehlen, ohne daß es möglich wäre, einen Grund für dies Verhalten anzugeben. Ebenso ist es im Jura und ebenso in der Kreide. An einem Orte ist ein ganzes Schichtsystem von Tausenden von Spongien ganz erfüllt, während oft nicht weit davon in genau demselben Horizonte kaum eine Spur ihres Vorkommens zu sehen ist. Namentlich im obern Jura von Franken und Schwaben findet dies in der auffallendsten Weise statt, und der Wechsel zwischen Schwammfelsen und schwammfreier Entwickelung tritt oft auf außerordentlich kurze Entfernungen ein.

Die Korallen sind namentlich im obern Jura Mitteleuropas in außerordentlicher Fülle vorhanden, und sie bilden in Frankreich und der außeralpinen Schweiz eine Menge der ausgezeichnetsten Riffe; weniger reichlich sind solche in England, im nordwestlichen Deutschland, in Franken, Schwaben, den Alpen und Karpathen. Der mittlere Jura ist bedeutend ärmer, der Lias sogar sehr arm an Korallen, wenigstens in den näher untersuchten Gegenden. Diese Vorkommnisse sind namentlich deswegen von Bedeutung, weil sie uns nach der

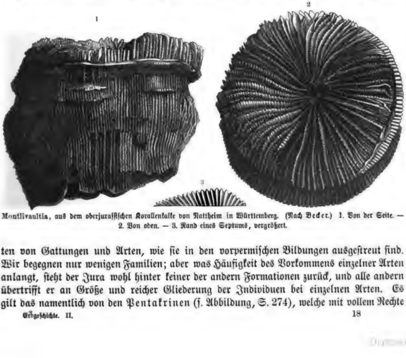
Digitized by Google

großen der Perm- und Triasformation entsprechenden Lücke unsrer Kenntnis die erste eingehend studierte Korallenfauna seit dem Kohlenkalke zeigen. In der That ist in der Zwischenzeit eine sehr gründliche Umgestaltung der Formen vor sich gegangen: der vierzählige, symmetrische Typus der paläozoischen Ära ist verschwunden, die sechszähligen, strahligen Hexakorallien (s. nebenstehende Abbildung) spielen, wie in der Jetztzeit, die Hauptrolle, und wenn es auch nicht an sehr wichtigen Anzeichen fehlt, daß diese sechsstrahligen Typen die Nachkommen der vierzähligen sind, so ist doch der Gegensatz ein sehr großer, und wir treten wie in eine neue Welt, wenn wir uns zu den jurassischen Riffen wenden (s. untenstehende Abbildung).

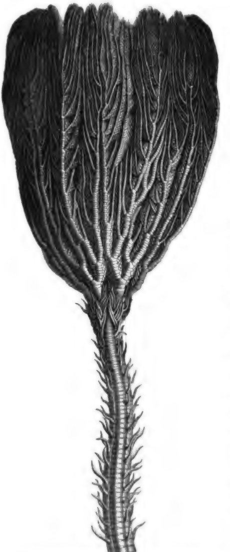


1. Schematische Darstellung der Aufeinanderfolge der Septa bei Hexakorallien. — 2. Ansicht eines Hexakorallienkelches von oben. (Nach Bronn.)

Von außerordentlicher Bedeutung sind die Stachelhäuter oder Echinodermen, welche namentlich durch zwei ihrer Klassen, durch die Seelilien oder Krinoiden und durch die Seeigel oder Echinoiden, vertreten sind. Bei den erstern finden wir allerdings keine Spur mehr von jener großen Mannigfaltigkeit der Formen, von den Hunderten von Gattungen und Arten, wie sie in den vorpermischen Bildungen ausgestreut sind. Wir begegnen nur wenigen Familien; aber was Häufigkeit des Vorkommens einzelner Arten anlangt, steht der Jura wohl hinter keiner der andern Formationen zurück, und alle andern übertrifft er an Größe und reicher Gliederung der Individuen bei einzelnen Arten. Es gilt das namentlich von den Pentakrinen (s. Abbildung, S. 274), welche mit vollem Rechte



Montlivaultia, aus dem oberjurassischen Korallenkalke von Nattheim in Württemberg. (Nach Becker.) 1. Von der Seite. — 2. Von oben. — 3. Rand eines Septums, vergrößert.



Pentacrinus briaroides, aus dem Lias. (Nach Goldfuß.)
Vgl. Text, S. 273.

die Könige der Krinoiden genannt zu werden verdienen. Auch in den heutigen Meeren zeigen die mittlern Tiefen noch manchen prächtigen Vertreter der Gattung, aber doch reichen dieselben bei weitem nicht an die wundervolle Entfaltung, die wir namentlich in dem Lias finden. Ein langer, schwanker, rankenbedeckter Stiel, aus fünfeckigen Gliedern zusammengesetzt, heftet sich entweder am untern Ende mit wurzelartiger Ausbreitung an einen festen Körper, oder er liegt, sich gegen unten zuspitzend, frei am Boden des Meeres; am obern Ende trägt er die mächtige Krone mit verhältnismäßig kleinem Kelche und den mächtigen, oftmals gespaltenen Armen, die mit ihren zahllosen Ästen, Ästchen und Fiederchen ein wahres Chaos, ein „Medusenhaupt", darstellen. Jedes dieser Stücke besteht wieder aus einer großen Anzahl einzelner Kalkpartikeln, so daß Quenstedt die Zahl der gesetzmäßig gelagerten Einzelstücke an einem großen Exemplare auf etwa 5 Millionen schätzte.

Die wunderbarsten Reste dieser Art haben die bituminösen Schiefer des obern Lias in Württemberg geliefert und namentlich die Steinbrüche von Reutlingen, in welchen die Schiefer zur Petroleumgewinnung in großartigem Maße ausgebeutet wurden. In zahlloser Menge liegen hier die Exemplare mit ineinander verflochtenen Stielen auf den Schichtflächen ausgestreckt (s. Abbildung, S. 275). Von hier stammt jene wunderbare Schieferplatte von 8 m Länge und 5 m Breite, die in der Tübinger Universitätssammlung aufbewahrt wird und von Quenstedt als „Schwabens Medusenhaupt" beschrieben worden ist. Sie stellt einen Teil einer aus Hunderten ineinander verflochtener Individuen bestehenden Gruppe dar und enthält namentlich ein Bündel von 24 wohlerhaltenen Exemplaren, an deren größtem der Stiel 17 m mißt, während die ausgebreiteten Kronen mehr als 1 m Durchmesser zeigen. Im untern Teile sind die 24 Stiele dicht aneinander gedrängt und spiralig

umeinander gewunden, während sie nach oben frei werden und in mannigfachen Windungen und Schlingungen sich ausbreiten.

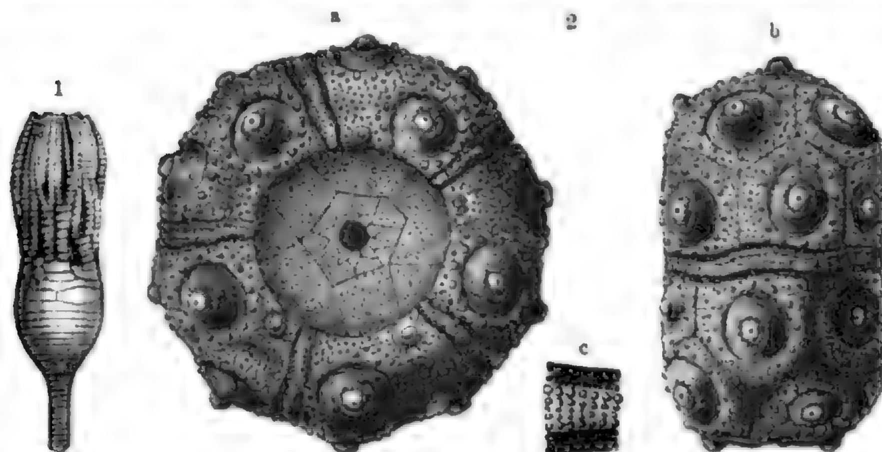
Neben solchen Riesen treten auch kleinere Formen auf, sowohl innerhalb der Gattung Pentacrinus als unter andern Krinoiden, von denen besonders die Gattung Apiocrinus (s. Abbildung 1, S. 276) mit gegen oben verdicktem Stiele, der ohne äußerlich auffallende Grenze in die Krone überzugehen scheint, als der wichtigste Typus hervorragt, eine Form, die namentlich im obern Jura eine große Artenzahl aufzuweisen hat.

Von größter Wichtigkeit werden im Jura zum erstenmal die Seeigel, die in allen frühern Formationen nur ziemlich selten vorkommen, hier aber zu den sehr verbreiteten Typen gehören. Sie spielen auch geologisch eine große Rolle, und wir müssen ihnen daher einige Aufmerksamkeit zuwenden. Betrachten wir einen normalen, regulären Seeigel, eine Form, die im Jura weitaus über alle andern dominiert, so sehen wir, daß derselbe in der Regel eine mehr oder weniger niedergedrückte Kugelgestalt zeigt (s. Abbildung 2, S. 276); er ist ganz mit kalkigen Täfelchen umschlossen, und nur oben und unten in den beiden Polen der niedergedrückten Kugel befinden sich zwei große Öffnungen, von denen die untere dem Munde, die obere dem After des Tieres entspricht. Die Platten, welche dieses Gehäuse, die sogenannte Korona, bilden, sind von zweierlei Art: die einen sind kompakt, die andern sind von Poren durchsetzt, welche für den Durchtritt der kleinen, schlauchförmigen Anhänge des Wassergefäßsystemes, der Ambulakralfüßchen, dienen. Diese Platten laufen in regelmäßigen Reihen von oben nach unten, vom After zum Munde, und zwar in der Weise angeordnet, daß zwei Reihen von Poren durchsetzter Ambulakraltäfelchen,

Kolonie von riesigen Pentakrinen, aus dem obern Lias von Reutlingen in Württemberg; sehr verkleinert. (Nach Quenstedt.) Vgl. Text, S. 274

zusammen eine Ambulakralzone bildend, nebeneinander stehen. Dann folgen zwei Reihen undurchbohrter Interambulakraltafeln, dann wieder eine Ambulakralzone &c.; im ganzen treten ausnahmslos fünf ambulakrale und fünf interambulakrale Zonen auf, also, da auf jede Zone zwei Reihen von Täfelchen kommen, im ganzen 20 Tafelreihen, die für die mesozoischen und jüngern Seeigel charakteristische Zahl, während die paläozoischen mehr oder weniger als 20 Reihen zeigen, eine Regel, die allerdings, wie oben gezeigt wurde, nicht ganz ohne Ausnahme ist.

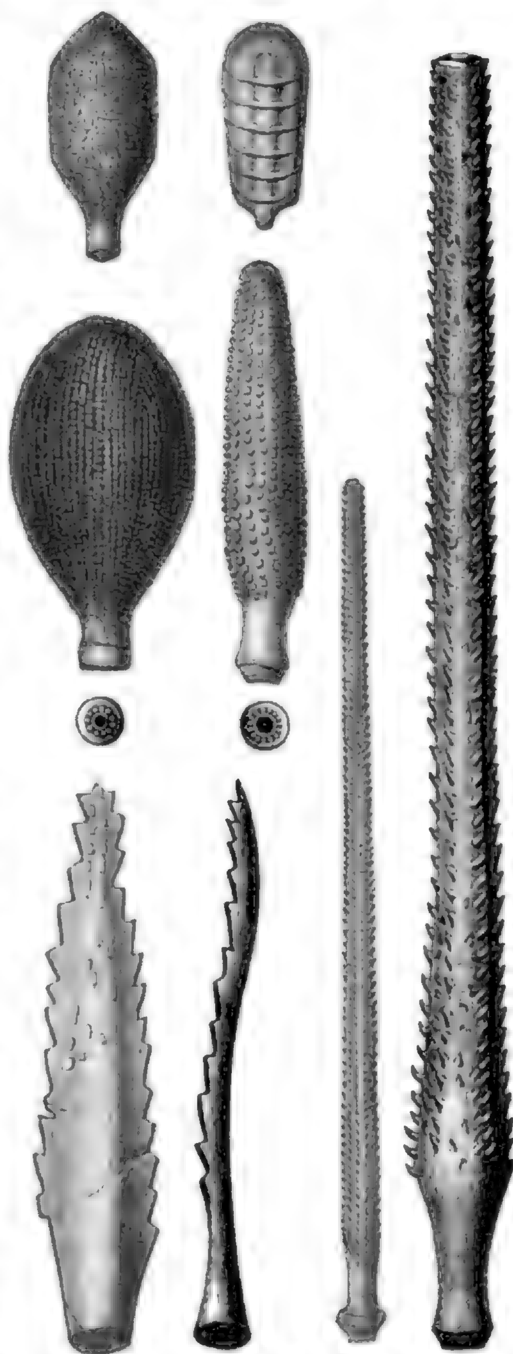
Bei dem unten abgebildeten Repräsentanten der Gattung Cidaris, der regelmäßigsten Seeigelform, die wir kennen, sind die Ambulakralzonen sehr schmal, etwas gebogen, und die Poren bilden eine einfache Doppelreihe, während die interambulakralen groß und breit sind und jede ihrer Tafeln eine vorspringende halbkugelige Warze trägt; bei den Diadematiden und Echiniden dagegen sind die Ambulakra breit, die Stellung der Poren eine kompliziertere und größere Warzen auch auf den ambulakralen Zonen vorhanden. Die Warzen, welche von außerordentlich wechselnder Größe sind, dienen zum Ansatze für die Stacheln oder Radiolen (s. Abbildung, S. 277), den bezeichnenden Oberflächenschmuck der Seeigel. Die Form dieser beweglichen kalkigen Anhänge ist außerordentlich wechselnd, bei manchen sehr fein, nur dünnen, spitzen Borsten vergleichbar, bei andern kugelig, stabförmig, ruderförmig, keulenförmig, kurz von mannigfaltiger Form und bei einzelnen von solcher Größe, daß sie den Durchmesser des Gehäuses mehrfach übertreffen. Bei Cidaris, die wir hier als Beispiel betrachten, finden wir stattliche, keulenförmige Radiolen, doch sind dieselben nicht extrem entwickelt, wie das bei manchen nahe verwandten Formen der Fall ist, z. B. bei der auf S. 278 oben abgebildeten Hemicidaris. Von besonderer Wichtigkeit ist die Ausbildung der beiden großen, einander gegenüberliegenden Öffnungen; die untere, die Mundöffnung, trägt ein gewaltiges, aus mächtigen Kauladen bestehendes Gebiß; die obere ist teilweise durch eine Anzahl eigentümlich gebildeter Täfelchen verschlossen, von denen zehn einen vollständigen Kranz bilden. Die fünf größern unter ihnen, welche in der Verlängerung der Interambulakralzonen liegen, tragen je eine große Pore für den Austritt der Eier &c., es sind die sogenannten Eier- oder Genitaltäfelchen, während fünf kleinere, zwischen diesen in der Verlängerung der Ambulakra gelegene Platten mit Durchbohrungen für den Durchtritt der Augen versehen sind. Innerhalb dieses Kranzes, der allerdings bei fossilen Cidariden nur sehr selten erhalten ist, liegen kleinere Täfelchen und in ihrer Mitte der After. Bei andern Formen, bei der Familie der Saleniden (s. Abbildungen 1 bis 6, S. 278), ist der Scheitelapparat in der Weise geformt, daß in der Mitte der Augen- und Eiertäfelchen noch eine, seltener mehrere größere Tafeln liegen, wodurch der After innerhalb des Scheitelapparates nach der Seite oder häufiger nach hinten verrückt wird.



1. Aplocrinus, Krone und oberster Teil des Stieles, aus oberm Jura. — 2. Cidaris coronata, aus oberm Jura. a Von oben, b von der Seite, c Ambulakrum. (Nach Quenstedt.) Vgl. Text, S. 275.

Durch solche Verschiebung nach hinten wird der Übergang zu einer andern Abteilung der Seeigel, zu den Irregulären, vermittelt, bei welchen der After nicht mehr im

Scheitelapparate, sondern außerhalb desselben in dem hintern Interambulakrum liegt. Hand in Hand damit gehen auch beträchtliche Veränderungen im Scheitelapparate vor sich. Abgesehen davon aber bleibt bei der einfachsten Abteilung der Irregulären, bei den namentlich in Jura und Kreide sehr verbreiteten Pygasteriden (s. Abbildungen, S. 279), der Charakter unverändert, während bei den Echinoneiden auch das Gebiß verloren geht und bei den Kassiduliden die Ambulakralzonen um den Scheitel bogig geschweift und abweichend geformt werden und eine blumenblattförmige, petaloidische, Form annehmen. Den abweichendsten Typus der jurassischen Seeigel endlich stellen die Disasteriden dar, bei welchen auch der Mund seine zentrale Stellung verloren hat und in das vordere Ambulakrum geschoben ist; der Scheitelapparat ist höchst seltsamerweise in zwei Stücke zerrissen, die durch eine Reihe von überzähligen Platten voneinander getrennt sind. Infolgedessen laufen auch die fünf Ambulakra nicht nach der Mitte der Oberseite zusammen, sondern drei derselben vereinigen sich im vordern, zwei im hintern Stücke des Scheitelapparates (Trivium und Bivium).

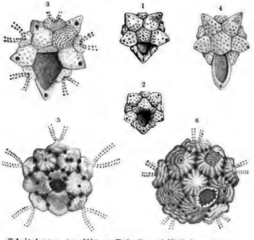

Stacheln verschiedener Cidariden. (Nach Desor.) Vgl. Text, S. 276.

Das Auftreten dieser verschiedenen Formen stimmt gut mit dem Grade ihrer Abweichung von dem ursprünglichen Typus überein; die regulären Seeigel sind schon in der Trias vorhanden, und auch in den untersten Schichten des Jura sind sie die einzigen Vertreter ihrer Klasse; im mittlern Lias gesellen sich dann zu ihnen die Pygasteriden, der jenen noch am nächsten stehende Typus der Irregulären, und vom obern Lias an kommen die abweichender gestalteten Formen dazu, und diese Übereinstimmung der geologischen Aufeinanderfolge mit dem Grade der Abweichung von dem ursprünglichsten Typus liefert einen schwer wiegenden Beweis für die Abstammung aller dieser Gruppen von einer gemeinsamen Stammform, aus der sie sich durch allmähliche Umänderung entwickelt haben. Die Seeigel sind übrigens im Jura sehr ungleichmäßig verteilt, was natürlich nur von der Faciesentwickelung in den bisher untersuchten Gegenden herrührt; der Lias, in welchem die stets an Echinoiden arme Cephalopodenfacies fast überall vorherrscht, hat nur eine sehr beschränkte Zahl von Arten geliefert, in reicher Entwickelung treten sie erst in den ihrem Fortkommen günstigern Ablagerungen in der obern Hälfte des mittlern Jura auf, wo auch Korallen, dickschalige Schnecken &c. reichlicher vorhanden sind; den Höhepunkt ihrer Entwickelung aber finden sie in den Korallenlagern des obern Jura, wo sie stellenweise in außerordentlicher Menge vorkommen und manche derselben zu den bezeichnendsten Leitfossilien gehören.

Die Brachiopoden zeigen im Jura eine verhältnismäßig geringe Entwickelung an

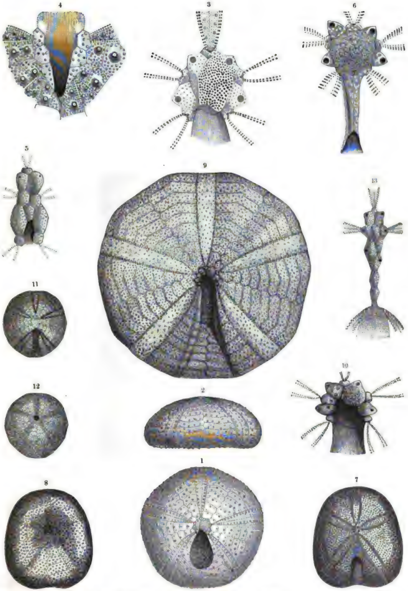
Hemicidaris mit teilweise erhaltenen Stacheln. (Nach Desor.) Vgl. Text, S. 276.

Typen, aber zwei unter diesen sind in großer Artenmenge und großem Individuenreichtume entwickelt, so daß sie immerhin zu den häufigsten Versteinerungen gehören und namentlich in den Alpen gewisse Gesteine fast ganz aus ihren Schalen zusammengesetzt sind. Die Terebratuliden mit den zwei Hauptgattungen Terebratula und Waldheimia, dann die Rhynchonelliden mit Rhynchonella sind es, die vor allen andern dominieren und mehr als neun Zehntel aller jurassischen Brachiopoden umfassen. Die erstern stellen den einzigen noch im Aufblühen begriffenen Stamm der ganzen Klasse dar, der hier eine reichere Entwickelung findet als in irgend einer der frühern Perioden, während Rhynchonella ein noch in alter Kraft aus der paläozoischen Zeit herüberreichender Sproß ist. Beide Abteilungen haben wir schon bei Besprechung der paläozoischen Faunen kennen gelernt, und wir brauchen daher nicht weiter dabei zu verweilen. Nur ein Typus der Terebrateln, der durch seine seltsame Gestalt in hohem Grade auffällt und für den obersten Jura und die unterste Kreide der alpinen Provinz im höchsten Grade charakteristisch ist, mag hier genannt werden; es ist das



Scheitelapparat verschiedener Saleniden: 1 bis 4. Acrosalenia. — 5. Peltastes. — 6. Salenia. Vgl. Text, S. 276.

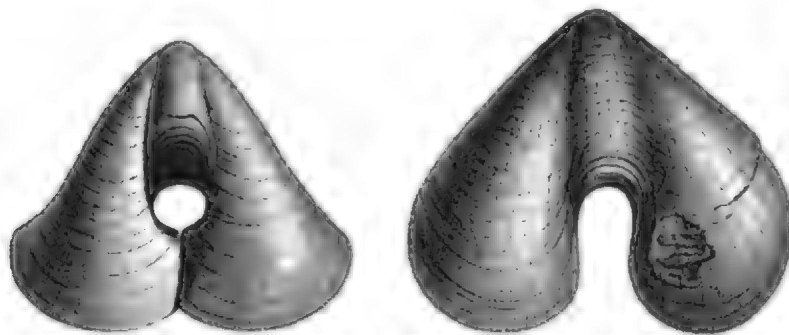
Digitized by Google



Irreguläre Seeigel der Juraformation: 1–3. Pygaster umbrella. — 4. Scheitelapparat von Loriolia. — 5. Scheitelapparat von Hyboclypus gibberulus. — 6. Scheitelapparat von Clypeus Trigeri. — 7. 8. Echinobrissus clunicularis. — 9. 10. Galeropygus agaricoides. — 11–13. Collyrites Ebrayanus. (Nach Cotteau und Wright) Vgl. Text, S. 277.

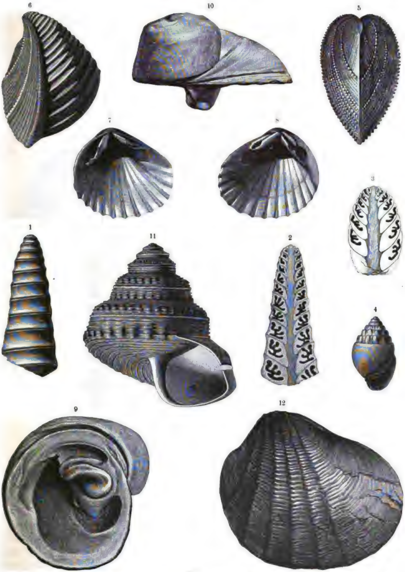
Digitized by Google

die Gruppe der Terebratula diphya, die bei minder extremer Ausbildung in der Mitte der Stirn überaus stark ausgeschnitten ist, während zu beiden Seiten zwei mächtige Lappen vorragen, die sich bei den extremen Vertretern vorn vereinigen, so daß beide Schalen in der Mitte von einem großen Loche durchbohrt werden, ein Fall, der unter allen Brachiopoden und überhaupt unter allen mit zweiklappiger Schale versehenen Tieren durchaus beispiellos ist (s. untenstehende Abbildung). Man sollte meinen, daß ein so auffallender und einziger Charakter eine Absonderung solcher Formen als selbständige Gattung oder selbst als Familie rechtfertigen würde. Allein gerade dieses so unerhört ausgebildete Merkmal ist sehr variabel: bald schließen sich die Seitenlappen vorn zusammen und umgrenzen ein zentrales Loch, bald ist das nicht der Fall, und es ist dann nur eine sehr tiefe Ausbuchtung der Stirn vorhanden, so daß nach der übereinstimmenden Ansicht der meisten Paläontologen auf diese Abweichung nicht einmal eine Sonderung in verschiedene Arten gegründet werden kann. Es ist das eine treffliche Bestätigung des von Darwin hervorgehobenen Gesetzes, daß Merkmale, die bei irgend einer Formengruppe sehr abnorm und abweichend ausgebildet sind, hier auch in ungewöhnlich hohem Grade variieren. Von andern Abteilungen der Brachiopoden sind namentlich noch die Spiriferiden zu nennen, die in der paläozoischen Zeit ihre stärkste Verbreitung hatten und auch in der Trias noch gut vertreten sind; sie erreichen noch den untern Teil des Jura, den Lias, mit der Gattung Spiriferina, zu der sich noch einzelne seltene abschweifende Typen gesellen, und sterben dann aus, ohne in den mittlern Jura überzugehen. Sonst finden sich noch einzelne Vertreter der Gattungen Lingula, Discina, Crania, Thecidium &c., im ganzen aber spielen diese eine durchaus untergeordnete Rolle, und nur wenige Arten derselben werden an einzelnen Punkten lokal ziemlich häufig gefunden.



Terebratula janitor, geschlossene und offene Form, aus dem obersten Jura der Alpen.

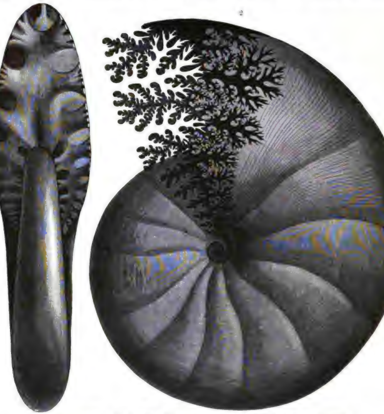
Unter den Mollusken sind Muscheln und Schnecken in größter Menge vorhanden, doch ist das Formengewirr ein so großes, daß wir nur wenige der hervorstechendsten Erscheinungen nennen können. Vor allem ist das erstmalige massenhafte Vorkommen von echten Austern erwähnenswert, von denen teils normale Formen, teils die abweichend geformten, gedrehten Gryphäen und Exogyren häufig sind. Die prächtigen Trigonien mit ihren reichverzierten Schalen, vielleicht die schönsten Muscheln, die je auf Erden gelebt haben, sind in Jura und Kreide überaus verbreitet, während sie in der Jetztzeit nur durch wenige verkümmerte Formen an der australischen Küste vertreten sind. Endlich mögen die Pholadomyen und die überaus dickschaligen, gedrehten Diceraten mit plumpen Schloßzähnen, die typischen Charakterformen der oberjurassischen Korallenriffe, genannt werden; das Gegenstück hierzu unter den Schnecken stellen die Nerineen dar, meist turmförmige Gehäuse mit dicker Schale, die steten Bewohner der Korallenablagerungen, deren wichtigster Charakter in einem Schlitze an der Mündung und in mächtigen Spiralfalten auf der Innenseite der Windungen besteht, welche das Lumen der Schalenröhre stark einengen. Von andern Schnecken sind die schon früher genannten Pleurotomarien, Trochiden, Natica und ein unabsehbares Heer andrer vorhanden, die namentlich in den Seichtwasserbildungen des obern Jura in Massen auftreten (s. Abbildungen, S. 281).



Muscheln und Schnecken der Juraformation: Nerineen des obern Jura. 1. u. 4. äußere Ansicht. — 2. u. 3. Längsschnitte. — 5. u. 6. Trigonia costata, aus mittlerm Jura. — 7. u. 8. Trigonia pectinata, lebend, von Neuholland (um den Bau des Schaleninnern von Trigonia, zu zeigen). — 9. u. 10. Diceras arietinum, aus oberjurassischen Korallenkalken Frankreichs. — 11. Pleurotomaria anglica, aus dem Lias. (Nach d'Orbigny.) — 12. Pholadomya Murchisoni, aus dem mittlern Jura. Vgl. Text, S. 280.

Digitized by Google

Von sehr viel größerer Wichtigkeit sind die Cephalopoden. Die Ammoniten zeigen allerdings nicht mehr jenen Reichtum verschiedenartiger Typen, der ihnen in der Trias eigentümlich war, aber an Zahl der Arten stellt der Jura den Höhepunkt ihrer Entwickelung dar. Auffallenderweise haben die hier auftretenden Formen mit denjenigen, welche in den Ablagerungen der obern alpinen Trias in so großer Menge vorkommen,



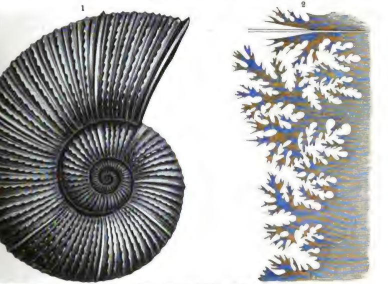
Phylloceras Zetes, aus dem Lias. (Nach Quenstedt.) 1. Frontansicht. — 2. Flankenansicht.

nur sehr wenig Ähnlichkeit. Die eine Gattung Phylloceras (s. obenstehende Abbildung), die an ihrer in der Regel glatten Schale, dem engen Nabel, den zahlreichen Loben und den schön gerundeten Sattelblättern leicht kenntlich ist, geht ohne nennenswerte Veränderung aus der alpinen Trias in den Lias über, und auch für die mit jener verwandte, ebenfalls wenig verzierte Gattung Lytoceras (s. Abbildung, S. 283), mit sehr weitem Nabel, fast gar nicht umfassenden Windungen und paarig geteilten Loben und Sätteln, kann man nach den Untersuchungen von Mojsisovics die Stammformen in den alpinen Triasbildungen mit voller Sicherheit nachweisen; im übrigen aber tritt die Ammonitenfauna des Jura ziemlich unvermittelt auf. Es gilt das vor allem von der großen Familie der Ägoceratiden,

Digitized by Google

welcher wohl vier Fünftel aller Jura- und Kreide-Ammoniten angehören; sie ist der obern alpinen Trias fremd, nur in der rätischen Stufe finden sich vereinzelt seltene Vorläufer der Liastypen: wir haben es hier wahrscheinlich mit einer Einwanderung aus einem fremden Meeresbecken zu thun, dessen Ablagerungen wir noch nicht kennen.

Die Ägoceratiden im weitesten Sinne bilden eine überaus mannigfaltige Gruppe, die aber verbunden wird durch das Vorhandensein von Übergängen zwischen den einzelnen Abteilungen sowie durch das stete Vorhandensein jener eigentümlichen, in ihrer Bedeutung noch immer zweifelhaften Schalenstücke, welche als Aptychen bezeichnet werden und nach den einen Deckel des Gehäuses, nach den andern innere Schutzplatten drüsiger Organe, der sogenannten Nidamentaldrüsen, darstellen. Je nach der Beschaffenheit dieser Aptychen kann man dann mehrere kleinere Familien abtrennen, nämlich die Ägoceratiden im



Lytoceras fimbriatum, aus dem Lias. 1. Seitenansicht. — 2 Loben. (Nach Wright.) Vgl. Text, S. 282.

engern Sinne mit einteiligem, hornigem Aptychus (Anaptychus), die Harpoceratiden mit zwei langgestreckten, gerippten Aptychen (s. Abbildung, S. 284 links) und die Stephanoceratiden mit zweiteiligen, breiten, gekörnten oder glatten Aptychen. Von diesen drei Abteilungen ist die erste ganz auf untern und mittlern Lias beschränkt, während die beiden andern im mittlern Lias beginnen und sich von da durch den Rest des Jura und die Kreidezeit erhalten. Wir gehen hier nicht näher auf die Charakteristik einzelner Formen ein, die wichtigsten Typen werden wir ohnehin bei Besprechung der einzelnen Abteilungen des Jura kennen lernen.

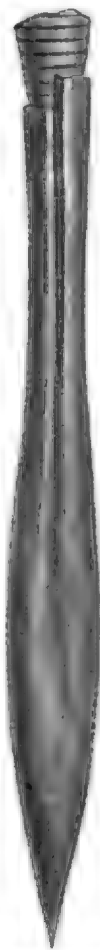
Der Schwerpunkt der Entwickelung fällt für Phylloceras und Lytoceras in die Äquatorialregion, für die Ägoceratiden im weitesten Sinne zum kleinern Teile in die äquatoriale Region, für die Mehrzahl in die gemäßigten Zonen der damaligen Zeit, für vereinzelte in die boreale Region. Eine dritte Gruppe, die Amaltheiden, ist im Äquatorialgebiete nur sehr spärlich vertreten, in der gemäßigten Zone ist sie häufiger, ohne daß eine zusammenhängende Entwickelungsreihe nachweisbar wäre; diese liegt aller Wahrscheinlichkeit

Digitized by Google

nach in den borealen Gegenden. Es sind das flache, meist sehr engnabelige Formen, gleich den Ägoceratiden im engern Sinne, mit einteiligem, hornigem Aptychus, mit zugeschärfter oder gekielter Externseite und eigentümlicher Lobenbildung.

Neben den Ammoniten nehmen die Belemniten eine hervorragende Stelle ein und übertreffen jene wenn auch nicht an Artenzahl, doch an Individuenmenge in manchen Ablagerungen bedeutend; es sind das die Nachfolger der triadischen Aulacoceras, nackte Formen mit innern oder halbinnern Schalenteilen. Die Alveole oder der Phragmokon, eine gekammerte, gerade oder kaum merklich gekrümmte, kegelförmige Schale, die an ihrem obern Ende auf einer Seite zu einem mächtigen Schulpe vorgezogen ist, steckt mit dem spitzen Ende in einem spieß- oder keulenförmigen, kompakten Stücke von ausgezeichnet kristallinisch-strahligem Kalkspate; vollständige Exemplare sind allerdings sehr selten, öfter finden sich solche, an welchen das spitze untere Ende der Alveole noch in der Kalkkeule steckt, am häufigsten aber diese letztere, das sogenannte Rostrum, allein; namentlich, wo mergelige Liaslagen an der Oberfläche anstehen, kann man diese „Donnerkeile“ und ihre Bruchstücke zu Tausenden auflesen (s. nebenstehende Abbildung rechts).

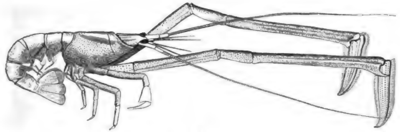
Aptychus lamellosus, aus oberm Jura. Vgl. Text, S. 283.


Belemnites Calloviensis, aus dem untersten Teile des obersten Jura.

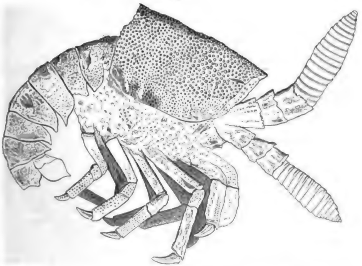
Von wirbellosen Tieren sind endlich noch die Krebse oder Krustaceen zu nennen, deren Reste zwar im Jura weithin verbreitet sind, aber im allgemeinen zu den sehr seltenen Vorkommnissen gehören; nur aus den berühmten lithographischen Schiefern von Solnhofen und Eichstätt in Franken und ihren allerdings bedeutend weniger reichen Parallelbildungen bei Nusplingen in Württemberg und bei Cirin in Frankreich haben wir Reste in größerer Artenzahl. In den Solnhofener Schiefern, dieser berühmtesten Versteinerungslagerstätte der ganzen Erde, hat man eine überaus reiche Zahl von Krustaceen gefunden, unter denen namentlich die langschwänzigen Dekapoden oder Zehnfüßler außerordentlich häufig sind, jene Abteilung, zu welcher unser gemeiner Flußkrebs und der Hummer gehören. Die Abbildungen auf S. 285 und 286 stellen einige interessante Formen aus dieser Abteilung dar: Mecochirus mit riesig entwickeltem, eine gewaltige Klaue tragendem vordern Beinpaare, Penaeus, eine sehr häufige Form mit mächtigem Stirnstachel, Cancrinus mit den wunderbaren keulenförmigen Fühlern, Pseudastacus, ein sehr naher Verwandter des lebenden Flußkrebses, 2c. Von besonderm Interesse ist die Gattung Eryon (s. Abbildung 2, S. 286), welche zwischen langschwänzigen Krebsen und kurzschwänzigen Krabben in der Mitte steht und überdies mit einer blinden Form, welche jetzt in den großen Meerestiefen lebt, mit der Gattung Willemoesia, aufs innigste verwandt ist. Von andern Krustaceen sind die ältesten Krabben (s. Abbildung 2, S. 287) vereinzelt im mittlern Jura Englands und etwas häufiger im obern Jura Deutschlands, außerdem sind vereinzelte Isopoden und Stomatopoden sowie Molukkenkrebse aus dem lithographischen Schiefer von Solnhofen zu nennen (s. Abbildungen 3 und 4, S. 287), ferner verschiedene Muschelkrebse, Cirrhipedier und Blattfüßer, doch sind alle diese Vorkommnisse verhältnismäßig von geringer Bedeutung.

Sehr viel weniger als von den marinen Typen wissen wir von den wirbellosen Tieren des festen Landes und des süßen Wassers. Überaus seltene Landschnecken,

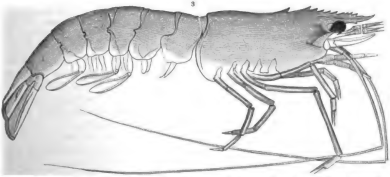
1



2



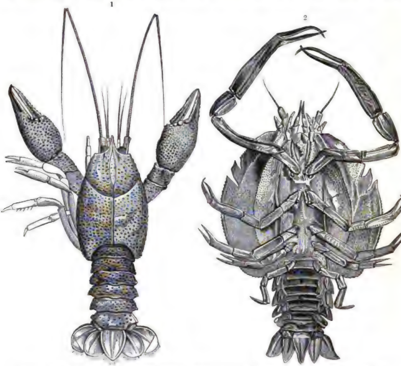
3



Krebse des Solnhofener lithographischen Schiefers. (Nach Oppel.) 1. Mecochirus. — 2. Cancrinus. — 3. Penaeus.
Vgl. Text, S. 284.

Digitized by Google

ziemlich dürftige Süßwasserschnecken und Muscheln aus dem mittlern und dem obersten Jura repräsentieren die Mollusken; Spinnentiere[1] und Tausendfüße fehlen bis jetzt ganz; dagegen haben verschiedene Lokalitäten eine reiche Anzahl von Insekten geliefert, im Lias der Schambelen im Kanton Aargau in der Schweiz, und in England finden sich zahl-



Krebse des Solnhofener lithographischen Schiefers. (Nach Oppel.) 1. Eryma. — 2. Eryon. Vgl. Text, S. 284.

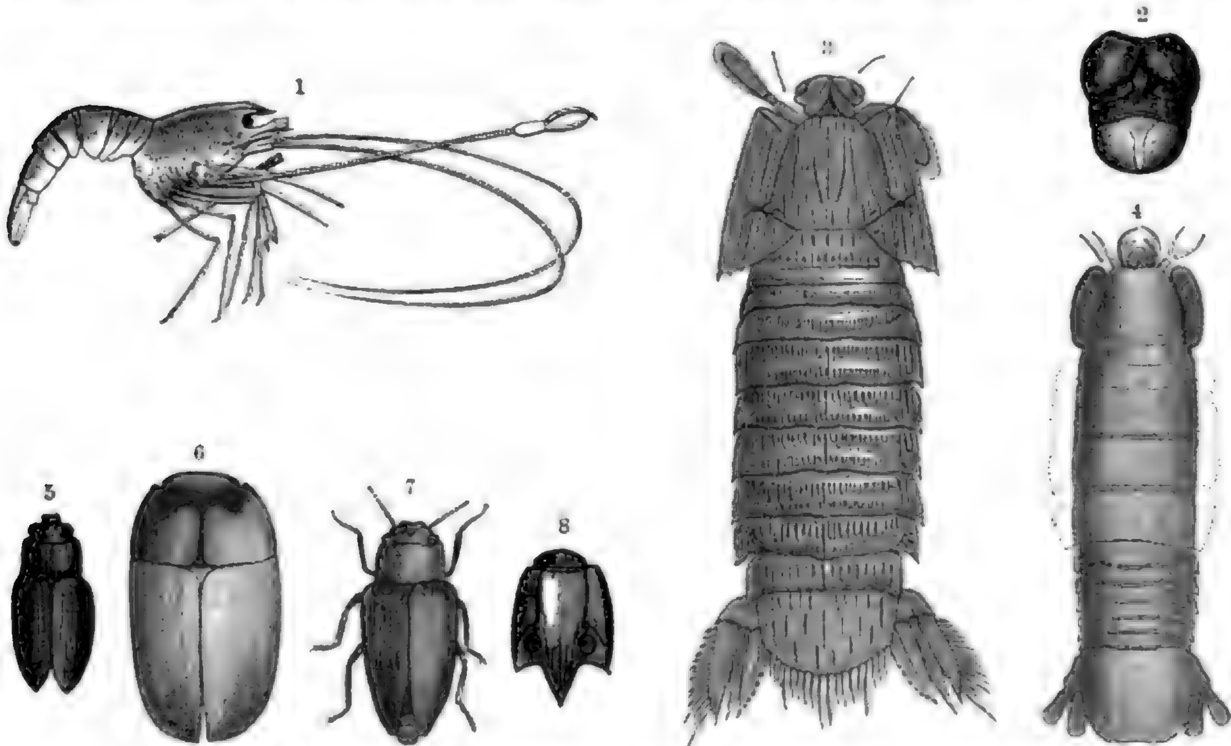
reiche kleine Formen, namentlich Käfer (s. Abbildung 5—8, S. 287), welche nach einigen Autoren eher auf ein gemäßigtes als auf ein warmes Klima hinweisen sollen, während im Solnhofener Schiefer eine Menge großer, durch die Pracht ihrer Erhaltung ausgezeichneter Typen vorkommt, deren nächste lebende Verwandte sich in heißen Ländern aufhalten. Die feinsten Einzelheiten des zarten Flügelgeäders sind auf den feinkörnigen Platten mit unübertroffener Klarheit deutlich und gestatten ein genaues Studium; riesige Wasserjungfern (s. Abbildung, S. 288), Heuschrecken, Käfer, unter denen namentlich große Prachtkäfer oder Bupresten hervorragen, Wasserwanzen &c. sind die wichtigsten Vertreter.

Über die Wirbeltiere des Jura wissen wir erheblich mehr als über diejenigen der Trias; es liegt kein Grund zur Annahme vor, daß in der einen Formation etwa mehr Vertreter derselben gelebt hätten als in der andern, der Unterschied beruht lediglich darauf,

[1] Die als Spinnentiere beschriebenen angeblichen Palpipes-Arten von Solnhofen sind nach den Untersuchungen von Seebach Larven von Krebsen.

Digitized by Google

daß wir aus dem Jura eine Anzahl von Schieferablagerungen kennen, in welchen ganze Exemplare begraben zu sein pflegen, und daß diese Schiefer vielfach in großen Steinbrüchen ausgebeutet und infolgedessen die Fossilien gesammelt werden. Nur zu leicht vergißt man die Bedeutung dieser äußern Umstände und ist dann geneigt, das, was lediglich von solchen Zufälligkeiten abhängt, als wirkliche Charaktere der Fauna eines Zeitabschnittes zu betrachten. So gehören z. B. fast die Hälfte aller langschwänzigen Krebse, die wir aus dem Jura kennen, dem lithographischen Schiefer an, der nur eine einzige unter den 33 Zonen repräsentiert; aber es ist deswegen nicht der geringste Grund zu der Annahme vorhanden, daß während seiner Ablagerung mehr Krebse gelebt haben als während



1–4. **Krebse** des Solnhofener lithographischen Schiefers: 1. Blaculla. (Nach Oppel) — 2. Prosopon Stotzingense, Kopfbrustschild einer oberjurassischen Krabbe. — 3. Sculda pennata, ein Stomatopode. — 4. Urda rostrata, ein Isopode. (Nach Kunth.) — 5–8. **Käfer**, aus dem untern Lias der Schambelen. (Nach Heer.) Vgl. Text, S. 284 u. 286.

andrer Zeiten der Juraformation, und ähnlich verhält es sich mit den Fischen, Reptilien und Insekten. Der Solnhofener Schiefer repräsentiert uns ein überaus feinkörniges Sediment aus einigen seichten Buchten mit sehr ruhigem Wasser, in welchen namentlich Krebse, Fische und Reptilien in verhältnismäßig großer Zahl lebten, und in welche vom nahegelegenen Lande häufig fliegende Insekten gelangten; dagegen waren die gewöhnlichen marinen Vorkommnisse in den typischen Schiefern und lithographischen Steinen ungemein selten. Daß die Zahl der von hier bekannten Tierarten eine so bedeutende ist, verdankt man lediglich der technischen Nutzbarkeit des Materiales; die feinkörnigsten Kalkplatten dienen für die Lithographie, die gröbern als Bodenfliesen, die ausgesprochen schieferig spaltenden Varietäten als Dachplatten, und infolgedessen wird dieser Horizont auf meilenweite Strecken, wo er sich findet, in zahllosen Steinbrüchen ausgebeutet, von denen einige geradezu kolossale Dimensionen erreichen. Auf dem Plateau oberhalb Solnhofen reiht sich Bruch an Bruch, so daß auf weite Strecken der ursprüngliche Boden geradezu verschwunden ist. Viele Millionen von Platten werden jährlich gebrochen, und infolge der sehr hohen Preise, welche von Sammlungen und Liebhabern gezahlt werden, heben die Arbeiter jedes Exemplar auf, das sie finden. Nur diesen Umständen ist es zu danken, daß wir diese herrliche Fauna kennen,

denn an und für sich ist der Schiefer überaus arm an Versteinerungen. Wer etwa Solnhofen in der Hoffnung besuchen wollte, von dort eine reiche Ausbeute selbstgesammelter schöner Fossilien heimzubringen, würde sich bitter enttäuscht fühlen. Ich war vor einer langen Reihe von Jahren als Hilfsgeolog der geologischen Landesuntersuchung des Königreiches Bayern mit der Kartenaufnahme des berühmtesten Teiles der Schieferregion, der Umgebung von Solnhofen und Mörnsheim, betraut und habe dabei diese Ablagerungen ziemlich gründlich kennen gelernt und mich überzeugt, daß sie zu den fossilärmsten Gesteinen des ganzen Jura gehören; ich habe in der ganzen Zeit, die ich dort zubrachte, nur zwei Arten (Saccocoma und Lumbricaria) in wenigen Exemplaren selbst gesammelt.

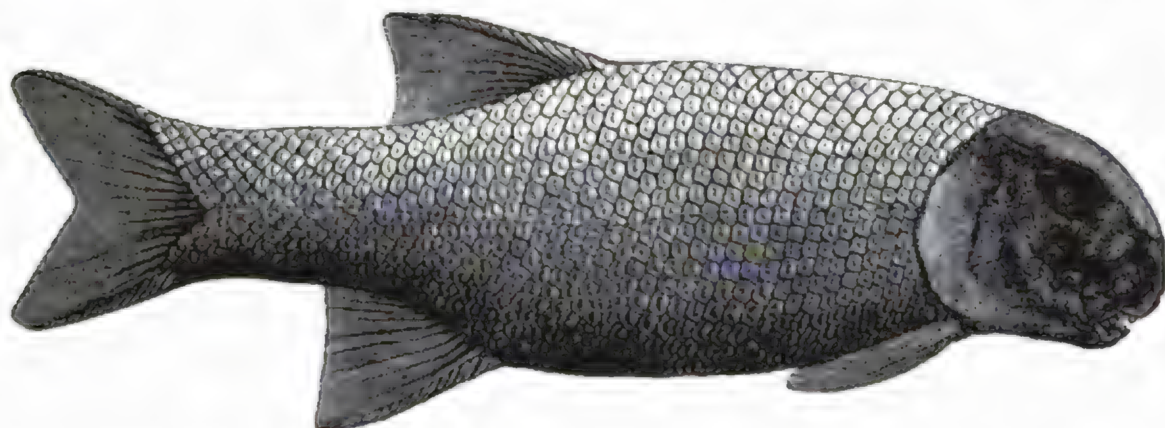
Außerdem sind an bekannten Wirbeltierlokalitäten in Deutschland namentlich die schwarzen, bituminösen Schiefer des obern Lias in Franken und Schwaben zu nennen, die vermutlich eine ebenso reiche Menge von Formen liefern würden, wenn sie in so großartigem Maßstabe ausgebeutet würden wie Solnhofen, ferner der obere Jura der Umgebung von Hannover. In England haben die bituminösen Schiefer des untern und des obern Lias, die im obern Teile des mittlern Jura gelegenen Schiefer von Stonesfield, die oberjurassischen Kimmeridgethone und die Süßwasserablagerungen von Purbeck zahlreiche Wirbeltierreste geliefert; fügen wir dazu noch den mittlern Jura (Bathonien) der Normandie und den obern Jura von Solothurn in der Schweiz, so sind die wichtigsten Fundstellen Europas erschöpft. Einen geradezu fabelhaften Reichtum der merkwürdigsten Formen liefert zur Jurafauna die unerschöpflichste Fundgrube von Wirbeltierresten, das Land zwischen dem Felsengebirge und der Sierra Nevada im westlichen Nordamerika, von wo Marsh eine Ausbeute heimgebracht hat, wie sie kein Museum der Welt mehr enthält; leider war die Zeit seit der Auffindung dieser herrlichen Reste bisher noch viel zu kurz, als daß deren eingehende Beschreibung hätte gefertigt werden können, so daß wir noch keinen vollen Einblick in diese wunderbare Welt von seltsamen Formen thun können.

Wasserjungfer (Petalia longialata), aus dem Solnhofener lithographischen Schiefer. (Nach Zittel.) Vgl. Text, S. 286.

Ein Heer verschiedenartiger Fische ist aus dem Jura bekannt geworden, unter denen, wie bisher, die schmelzschuppigen Ganoiden den ersten Platz in unsern Sammlungen einnehmen; nirgends finden wir die großen, glänzenden Schuppen schöner entwickelt als bei den Lepidotus (s. Abbildung, S. 289 oben), Dapedius und andern verwandten Gattungen des Jura; gegen die paläozoischen Typen läßt sich im großen und ganzen ein Unterschied in der Entwickelung der Schwanzflosse erkennen, indem deren beide Lappen bei den jurassischen Formen gleichwertig zu sein pflegen. Vielleicht noch häufiger waren, nach der Menge isolierter Zähne zu urteilen, die man sehr verbreitet findet, die Selachier, die haifischähnlichen Typen; doch sind wir infolge ihres knorpeligen Skeletbaues in der Regel auf die einzelnen

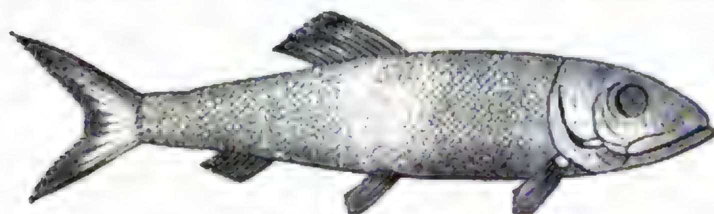
Trümmer beschränkt, und nur ausnahmsweise kommen, namentlich bei Solnhofen, vollständige Exemplare vor, unter denen Meerengel (Squatina), die in ihrer Form eine Mittelstellung zwischen Haien und Rochen einnehmen, und Chimären besonders hervortreten.

Neben diesen dominierenden Formen tritt noch in bescheidenerer Stellung, wie es scheint, eine neue Gruppe von Fischen auf, die bald die Oberherrschaft über alle andern zu gewinnen bestimmt ist; es sind die ersten Repräsentanten der Teleostier oder Knochenfische, zu denen



Lepidotus gigas, aus dem lithographischen Schiefer von Solnhofen. (Nach Zittel) Vgl. Text, S. 288.

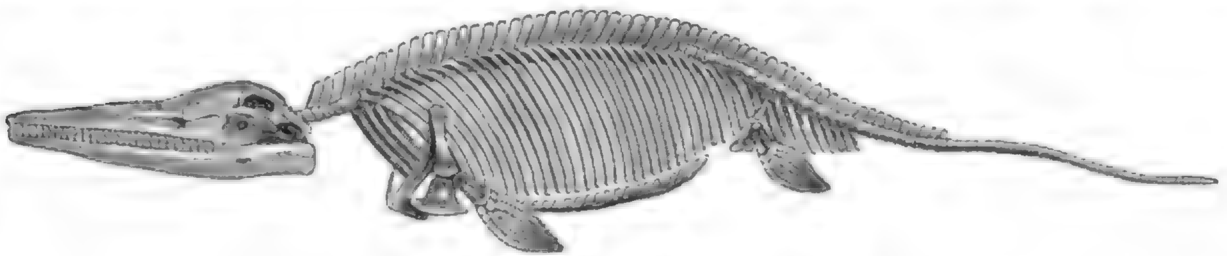
namentlich die Gattung Leptolepis gehört (s. untenstehende Abbildung). Kein Merkmal in ihrem Baue unterscheidet sie von den normalen Teleostiern, die dann schon in der Kreide eine sehr bedeutende Rolle spielen, und sie werden daher jetzt ziemlich allgemein zu diesen gestellt; aber trotzdem müssen wir uns erinnern, daß die entscheidenden Unterschiede zwischen Teleostiern und Ganoiden nicht im Skeletbaue hervortreten, sondern in der Anatomie der Weichteile, in der Entwickelung der Sehnerven, der großen Herzschlagader und des Darmes gegeben sind, und wenn wir also auch die Zugehörigkeit dieser jurassischen Formen zu den Teleostiern als sehr wahrscheinlich betrachten können, so ist doch ein entscheidender Beweis dafür nicht erbracht.



Leptolepis, aus dem Solnhofener Schiefer.

Sehr auffallend ist der vollständige Mangel an Amphibien im Jura, während sie in Kohlenformation, Perm und Trias durch die Abteilung der Stegocephalen in bedeutender Menge vertreten waren und durch längere Zeit geradezu die erste Rolle spielen. Unter den zahllosen Resten des Jura gehört ihnen nicht ein einziger an, und die einzige Angabe, welche in dieser Richtung vorlag, hat sich als irrig erwiesen. In um so größerer Menge treten die Reptilien hervor, deren Bedeutung für die mesozoische Fauna schon hervorgehoben wurde. Das bekannteste Tier ist wohl Ichthyosaurus, den Scheffel in seiner bekannten Ballade verherrlicht hat. Wohl fehlen Vertreter dieser Gattung in keinem Teile des Jura, und sie setzen sich auch in bedeutend verminderter Zahl in der Kreide fort, aber weitaus am häufigsten und schönsten erscheinen sie in den oberliasischen Posidonienschiefern Frankens und Schwabens, nächstdem in jenen von England. In den Schieferbrüchen von Holzmaden und andern Orten in Württemberg kommen sie in gewissen Lagen in solcher Menge vor, daß man nicht auf zufällige Funde angewiesen ist, sondern ihrer so viel zu Tage gefördert werden können, als überhaupt zu verkaufen sind, so daß sie fast keiner Sammlung fehlen, die über den

nötigen Raum zur Aufstellung und über das Geld zum Kaufe verfügt; von den kleinsten, winzigen Exemplaren bis zu mächtigen Riesentieren liegen sie, „wie eingewickelte Mumien“ in Kalk eingebacken, bald in guter, bald in schlechter Erhaltung, und es ist immerhin eine nicht unerhebliche Arbeit, sie aus dieser Hülle herauszuschälen. Sehr lebhaft schildert Fraas das Treiben an den schwäbischen Saurierfundorten: „In den Schiefern, welche in offenen, 15—20 Fuß tiefen Gruben ausgebeutet werden, liegt durchschnittlich auf einer Quadratrute Oberfläche ein ‚Tierle‘, wie der Arbeiter die Saurier nennt. Da liegen sie in ihren vieltausendjährigen Steinsärgen von Schiefer dicht umhüllt, nur die rohen Umrisse erkennt man wie bei den in Leinwand gewickelten Mumien. Man sieht den Kopf durchblicken, die Wirbelsäule, die Lage der Extremitäten, die ganze Länge des Tieres, und raschen Blickes erkennt an dieser Form schon der Arbeiter, ob es ein Tier mit Flossen ist (Ichthyosaurus) oder mit Pratzen (Teleosaurus). Ist doch ein Pratzentier ums Dreifache mehr wert als eins mit Flossen. Aber nicht danach bloß richtet sich der Preis: das Wichtigste ist, wie oder wo das Tier liegt, ob in festem, dauerhaftem Gesteine, ob es Schwefelkies führt, was leider die schönsten Stücke oft unbrauchbar macht, und namentlich, ob dem



Ichthyosaurus.

Stücke nichts fehlt, wenn die Platte durch das Schrämmen oder durch natürliche Abgänge entzweiging. Bis zu 100 Gulden wird für ein vollständiges Tier bezahlt. Der Arbeiter thut keinen Schritt zum Verkaufe des Fundes, er stellt ihn ruhig zur Seite, weiß er doch, daß fast von Woche zu Woche die Käufer kommen, die Unterhändler der Kabinette und wissenschaftlichen Sammlungen. Kein Pferdehandel wird je mit solchem Eifer abgeschlossen, mit solchem Aufgebot aller Beredsamkeit und aller Künste und Kniffe, als der Saurierhandel, und keiner erfordert nebst genauer Kenntnis der Stücke so viele Schlauheit, um nicht, da ohnehin die Katze im Sacke gekauft wird, zu Schaden zu kommen. Kein Kauf endlich kommt zu stande, ohne daß der Käufer noch die besondere Verpflichtung eingehen muß, mit verschiedenen Wein- und Mostflaschen den gefallenen Helden eine Totenfeier zu veranstalten.“ In Franken ist die Umgebung des ehemaligen Klosters Banz bei Lichtenels am Main durch ihre ausgezeichneten Ichthyosaurus-Reste berühmt, welche in der dortigen Sammlung aufbewahrt werden.

Die Gesamtform von Ichthyosaurus (s. obenstehende Abbildung) war etwa die eines Delphines, mit spitzer, schmaler Schnauze, jedoch mit längerm, schlankerm Schwanze als dieser; auch dadurch mag eine gewisse äußere Ähnlichkeit mit einem Delphine hervorgebracht worden sein, daß weder Panzerplatten noch Schuppenkleid die vermutlich glatte, schlüpfrige Haut bedeckte. Auf die feinern Einzelheiten des Knochenbaues können wir natürlich nicht eingehen, am Schädel fällt die Schmächtigkeit der Kiefer auf mit einer großen Menge spitzer, kegelförmiger Zähne, die nicht in eignen Zahngruben, sogenannten Alveolen, eingekeilt waren, sondern in einer gemeinsamen Rinne der Kiefer stecken (s. Abbildung, S. 291). Eine zweite sehr auffallende Eigentümlichkeit bildet der überaus mächtige, aus einzelnen Platten bestehende Knochenring, der, in der Augenhöhle liegend, das Sehorgan umgab. Der Kopf schließt sich an einen überaus kurzen, augenscheinlich sehr wenig beweglichen

Hals an, dessen beide erste Wirbel miteinander verwachsen waren. Der mächtige Rumpf besteht aus sehr zahlreichen niedern Wirbeln, die als ein Zeichen verhältnismäßig sehr niedriger Organisation auf beiden Seiten stark ausgehöhlt, bikonkav, waren. Die Dornfortsätze waren nicht fest mit den Wirbelkörpern verwachsen, so daß man diese sehr häufig isoliert für sich findet. Die Rippen waren außerordentlich schlank und setzten sich mit doppelten Gelenkköpfen an die Wirbel an. Der lange, dünne Schwanz besteht aus sehr zahlreichen sich verjüngenden Wirbeln und trug wahrscheinlich eine sehr große, mächtige Ruderflosse, wie man daraus schließt, daß der Schwanz bei den meisten Exemplaren an einer bestimmten Stelle geknickt ist; vermutlich rührt dies von der Schwere der Flosse her, die nach dem Tode des Tieres das Schwanzende nach abwärts zog.

Jedenfalls das merkwürdigste Organ sind die Extremitäten, die zu ausgezeichneten Ruderfinnen entwickelt sind; der Oberarm und Oberschenkel bilden kurze, breite Knochen, die augenscheinlich nur zur Bewegung in einer Richtung von vorn nach hinten geeignet waren, alle andern Knochen sind polygonale Tafeln, welche zu einer kompakten, ovalen, nach unten zugespitzten Flosse vereinigt sind. Das Eigentümlichste ist jedoch die Zahl der Knochenstrahlen in den Extremitäten: alle Wirbeltiere, mit Ausschluß der Fische, haben höchstens fünf Finger[1], nur die Ichthyosaurier bilden durch die größere Zahl eine Ausnahme und nähern sich darin wie in der Anordnung der Knochen den Fischen und speziell der Haifischgruppe.

Schädel von Ichthyosaurus. (Nach Fraas.) Vgl. Text, S. 290.

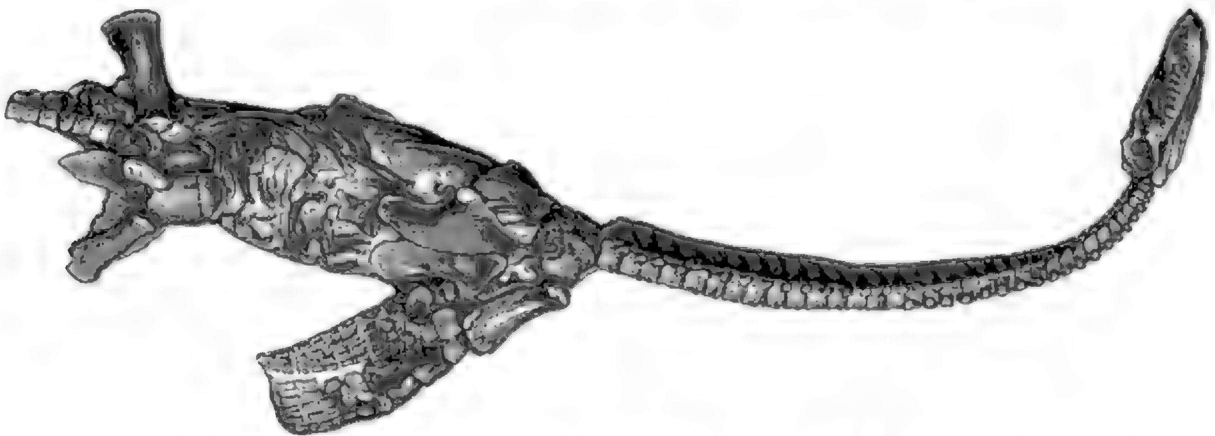
An einer Reihe von Exemplaren hat man nachweisen können, daß die Ichthyosaurier lebendige Junge zur Welt brachten, man hat eine Reihe fossiler Weibchen in interessanten Umständen gefunden. Wenn diese Auffassung Widerspruch erregt und man eingewendet hat, daß in solchen Fällen ein großer Ichthyosaurus einen kleinen mit Haut und Haaren verschluckt habe, so geschah es mit Unrecht. Man kennt in vielen Fällen den Mageninhalt von Ichthyosaurus und hat gefunden, daß er aus stark verkleinerten Trümmern von Fischen, Cephalopoden rc. besteht, das Tier also seine Nahrung nicht ganz hinabschlang; überdies liegen die kleinen Exemplare in der Leibeshöhle hinter dem Magen, sie hätten also den letztern passieren müssen, ohne daß bei der Verdauung die mindeste Beschädigung oder Zerreißung des Skeletes erfolgt wäre.

Ichthyosaurus und sein zahnloser amerikanischer Vetter Baptanodon gehören für den Paläontologen zu den rätselhaftesten Geschöpfen, die je existiert haben. Im Baue seines Schädels, in der Mehrzahl seiner Merkmale ist er ein entschiedenes Reptil, allein er steht unter den Reptilien absolut unvermittelt und ohne Verwandten da. Speziell im Baue der Extremitäten ist er überaus niedrig entwickelt, er steht nicht nur tief unter allen Reptilien, sondern auch die Amphibien zeigen einen viel vollkommnern Fußbau, während Ichthyosaurus in dieser Beziehung den Fischen fast näher als den höhern Abteilungen steht. Vielleicht stellen die Ichthyosaurier einen im Fußbaue sehr wenig modifizierten Stamm dar, der sich selbständig entwickelt und in den übrigen Charakteren eine den Reptilien parallele Ausbildungsrichtung eingeschlagen hat; allein auch dagegen lassen sich mannigfache wichtige Argumente anführen, und so bleibt uns gerade das häufigste unter den mesozoischen Kriechtieren ein vollständiges Rätsel.

Ichthyosaurus war seiner ganzen Organisation nach zum Fortkommen auf dem festen

[1] Nur Rudimente sechster Zehen kommen auch bei andern höhern Wirbeltieren vor.

Lande unfähig, schon die Form der Füße hätte die Bewegung unmöglich gemacht, er war ein Bewohner des Meeres, offenbar ein trefflicher Schwimmer, und ein gefräßiges Raubtier. Dieselbe Lebensweise müssen wir trotz des großen Gegensatzes in der äußern Erscheinung auch Plesiosaurus und seinen Verwandten, den sogenannten Sauropterygiern, zuschreiben, deren Vorfahren wir schon im Muschelkalke in den Gattungen Nothosaurus, Simosaurus, Neusticosaurus und Dactyliosaurus ꝛc. kennen gelernt haben. Die Entwickelung von Flossenfüßen war bei manchen von diesen letztern noch gar nicht oder erst an einem Beinpaare erfolgt, bei den Sauropterygiern des Jura stellen alle vier Extremitäten Ruderfinnen dar, die nur zur Bewegung von vorn nach hinten geeignet waren. Diese Ausbildung ist allerdings bei weitem nicht so außerordentlich wie bei den Ichthyosauriern, die einzelnen Extremitätsknochen sind nicht zu polygonalen, bis auf Oberarm und Oberschenkel gleichartigen Tafeln modifiziert, sondern es sind echte Röhrenknochen, an welchen die gewöhnliche Gliederung in Oberarm, Unterarm, Handwurzel und Finger an den vordern und



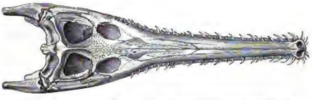
Skelet von Plesiosaurus, aus dem englischen Lias. (Nach Sollas.)

entsprechende Differenzierung an den hintern Beinen hervortritt; vor allem aber weicht der Fußbau sehr wesentlich von Ichthyosaurus durch das Vorhandensein von nur fünf Zehen ab. Trotzdem hat man vielfach wegen des gemeinsamen Merkmales der Ruderfinnen Ichthyosaurier und Sauropterygier zu einer Familie der Enaliosaurier, der Meerdrachen, vereinigt, die außerdem noch die nackte Körperoberfläche und das beiden Abteilungen gemeinsame Vorhandensein eines Loches, einer „Fontanelle", im Scheitelbeine (Foramen parietale) miteinander gemein haben. Allein das sind Charaktere von sehr geringem Werte, die bei sehr verschiedenen Reptilien und auch bei Amphibien vorkommen und in keiner Weise entscheidend sind. Das einzige, was streng genommen bei beiden als übereinstimmend auffällt, ist die Einrichtung für das Leben im Wasser; es sind Anpassungsmerkmale, die für wirkliche Verwandtschaft nichts beweisen. Auch das geologische Vorkommen spricht sehr entschieden gegen eine solche Auffassung, denn während Ichthyosaurus im Muschelkalke schon in typischer Entwickelung auftritt, haben die gleichzeitigen Verwandten von Plesiosaurus noch Schreitbeine.

Auch in der äußern Erscheinung, vor allem in den Größenverhältnissen der Körperteile zu einander, ist der Gegensatz sehr deutlich; der Schädel ist verhältnismäßig klein, er beträgt etwa im Durchschnitte $^1/_{12}$, bisweilen kaum $^1/_{20}$ der ganzen Leibeslänge gegen $^1/_4$ bei Ichthyosaurus, dann folgt der sehr lange, schlanke Hals, der aus 24—41 Wirbeln besteht und den augenfälligsten Charakter dieses seltsamen Tieres bildet, das wir in seinem Habitus mit keiner lebenden Form auch nur entfernt vergleichen können. An den riesigen Hals schließt sich ein kurzer, aber schlanker Körper an, dessen mächtig entwickelter

Brust- und Beckengürtel die ziemlich schmalen Ruderfinnen trägt, die verhältnismäßig viel größer sind als bei Ichthyosaurus.

Die Plesiosaurier kommen vereinzelt im ganzen Jura vor und setzen sich auch in der Kreideformation fort, häufiger aber und in großer Zahl finden sich diese oft riesigen Tiere, welche bis zu 6 m lang wurden, nur im untern Lias Englands. Noch gewaltigere Dimensionen erreichte der namentlich im obern Jura heimische Pliosaurus, von dem in den Kimmeridgethonen Englands eine fast 2 m lange Ruderfinne gefunden wurde. Er muß ein plumperes, ziemlich kurzhalsiges Tier gewesen sein.



Schädel von Teleosaurus, aus dem obern Lias (Posidonomyenschiefer) Württembergs. (Nach Fraas.)

Neben diesen Formen waren an marinen Reptilien im Jura namentlich Krokodile vorhanden, die in ihrer äußern Erscheinung sich am nächsten an den jetzt lebenden langschnauzigen Gangesgavial anschließen; doch weichen die jurassischen Formen, die Teleosaurier (s. Abbildungen), von allen lebenden Krokodilen durch die Bildung der Wirbel ab, deren Körper an beiden Enden ausgehöhlt, bikonkav, waren. Auch die sehr geringe Größe der Vorderbeine, welche offenbar nur eine sehr unbeholfene Bewegung auf dem Lande gestattete, wenn eine solche überhaupt vorkam, die reihenweise Anordnung

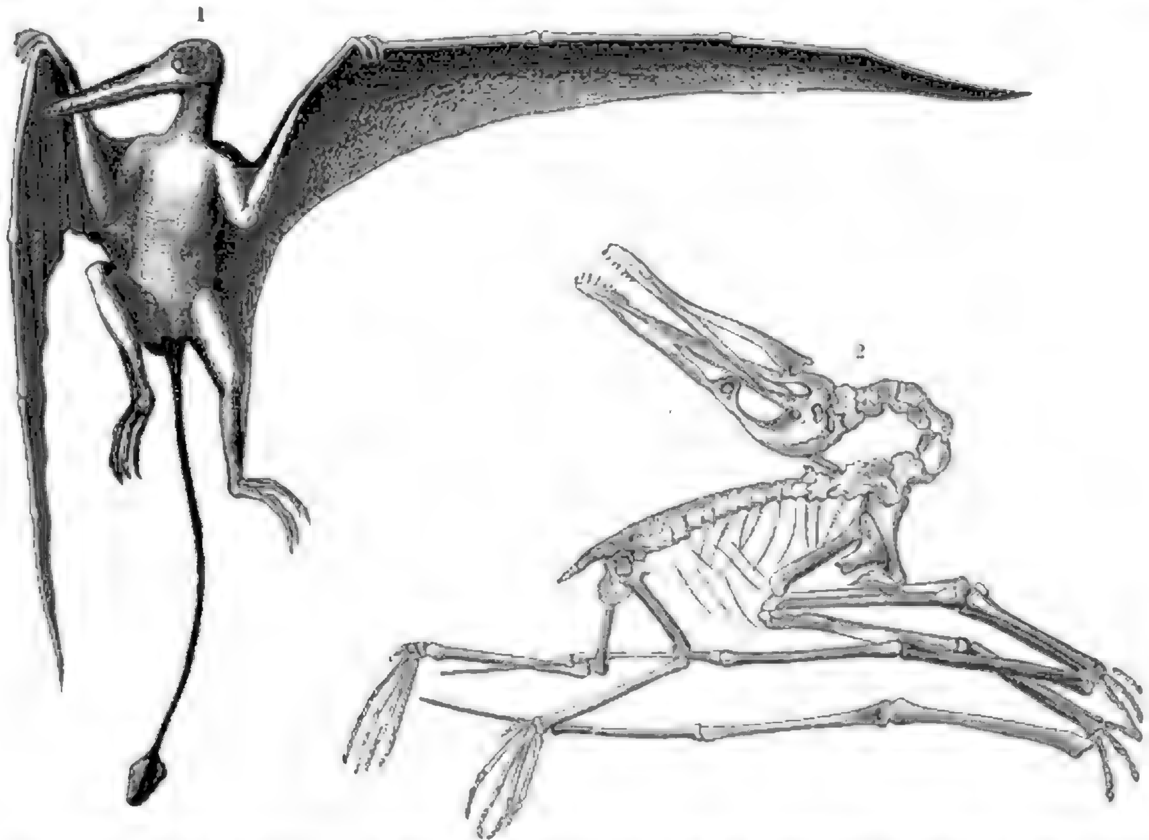
Teleosaurus, restauriert.

der Platten des Rückenpanzers, das Vorhandensein eines mächtigen Bauchpanzers bilden wesentliche Abweichungen.

Weit weniger Eigentümlichkeiten bieten die Eidechsen oder Lacertilier; wohl treten auch unter ihnen einzelne fremdartige Typen auf, aber andre, wie der kleine Homoeosaurus, nähern sich den lebenden Formen namentlich in der äußern Erscheinung schon ganz bedeutend, nur weichen sie von denselben durch die bikonkaven Wirbel und einzelne andre Merkmale des Knochenbaues ab. Auch die Schildkröten, die namentlich in den Solnhofener Schiefern, im obern Jura von Hannover und Solothurn und in den Purbeckbildungen Englands auftreten, bieten wenig Fremdartiges, wenn auch ein eingehendes Studium zeigt, daß manche derselben eine Mittelstellung zwischen Gruppen einnehmen, die in der Jetztwelt scharf voneinander getrennt sind.

Digitized by Google

Um so seltsamer sind die noch zu besprechenden beiden Abteilungen, die Pterodaktylen und die Dinosaurier. Die erstern, die „fliegenden Eidechsen“ der mesozoischen Zeit, sind schon in der obersten Trias in einzelnen Resten gefunden worden, sie kommen im ganzen Jura und in der Kreide vor und erreichen namentlich in den Kreideschichten enorme Dimensionen: man schließt aus einzelnen Knochen auf Tiere mit einer Flügelspannweite von mehr als 7 m. Vollständige Exemplare dieser häßlichen Geschöpfe hat aber bisher nur der Solnhofener Schiefer geliefert, und deren Vorkommen bildet einen der hervorragendsten Züge seiner Fauna, sie sind eine Hauptzierde der paläontologischen Sammlungen, und namentlich das Münchener Museum beherbergt wunderbare Reste derselben. Man hat nicht



1. Rhamphorhynchus, restauriert. — 2. Skelet von Pterodactylus, aus dem lithographischen Schiefer. (Nach Zittel.)

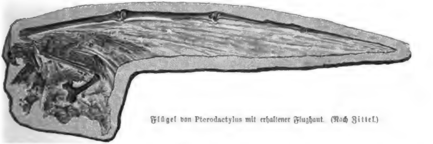
nur eine große Anzahl vollständiger Skelete, sondern in vereinzelten Fällen selbst die Flughaut erhalten gefunden, mit deren Hilfe sie durch die Luft glitten.

Die Pterosaurier haben einen großen, meist langgestreckten Kopf, die mächtigen Kiefer sind bald in ihrer ganzen Ausdehnung mit spitzen Zähnen besetzt, bald vorn zahnlos und dann wahrscheinlich mit einem Hornschnabel versehen, einige in der Kreideformation auftretende Formen sind ganz zahnlos. Der Schädel, der, wie bei den Vögeln, senkrecht zur Wirbelsäule getragen wurde, umschließt ein sehr hoch entwickeltes Gehirn, das dem der Vögel ähnlicher ist als demjenigen der andern Reptilien, und birgt in der Augenhöhle einen Knochenring. Der ziemlich lange, sehr kräftige Hals kontrastiert wie der große Kopf auffallend mit dem kleinen, schmächtigen Körper, an welchem nur der Schultergürtel als Stütze für die mächtigen Vorderextremitäten und deren Muskulatur stark ausgebildet ist; das Becken wird von einem Kreuzbeine getragen, das aus verhältnismäßig vielen Wirbeln, in der Zahl von drei bis sechs, besteht und dadurch Verwandtschaft zu den Dinosauriern sowie zu Vögeln und Säugetieren bekundet. Der Schweif ist bei manchen Formen so klein, daß er kaum hervorragte, während derselbe bei andern überaus lang ist und an seinem Ende eine

blattförmige Ausbreitung der Flughaut trägt. Die Hinterfüße haben wenig Hervorragendes an sich, sie tragen fünf Zehen, von denen eine bald mehr, bald weniger verkümmert ist (s. Abbildung, S. 294).

Weitaus die merkwürdigste Eigentümlichkeit bilden die vordern Extremitäten; der Oberarm ist kurz und gedrungen, der Unterarm bedeutend länger, die Mittelhand stark ausgebildet, dann folgen vier Finger, von denen drei zwar groß, aber doch in normaler Weise gestaltet und mit Krallen versehen sind, der vierte Finger zeigt dagegen eine enorme Entwickelung. Er ist sehr kräftig und von ungeheurer Länge, mehr als doppelt so lang wie der Rumpf; er ist der Träger der Flughaut, die sich zwischen ihm und dem Körper ausspannt. Wir sehen hier ein eigentümliches Flugorgan, wie es sich nirgends in der Tierwelt wiederholt; am meisten Ähnlichkeit hat noch die Flughaut der Fledermäuse, doch ist diese nicht einfach zwischen Körper und einem Flugfinger angebracht, sondern alle Finger der Hand treten in die Flughaut ein und beteiligen sich an deren Ausspannung (s. obenstehende Abbildung). Wieder ganz abweichend ist der Flügel der Vögel, selbst abgesehen von dem Unterschiede, der in dem Vorhandensein von Federn gegeben ist, indem bei ihnen drei Finger miteinander verbunden den Flügel tragen. Diese Verschiedenheit in der Form der Flügelknochen bildet auch eine vollständige Widerlegung der Ansicht, daß die Vögel von den Pterodaktylen abstammen; die ganze Anlage, der ganze Mechanismus des Flügels ist bei beiden

Finger einer Fledermaus.



Flügel von Pterodactylus mit erhaltener Flughaut. (Nach Zittel.)

total verschieden, so daß unter keiner Bedingung der eine Typus aus dem andern hervorgegangen sein kann. (S. die Abbildung auf S. 305.)

Das Flugvermögen der Pterodaktylen war aller Wahrscheinlichkeit nach ein sehr ausgezeichnetes; ihre Flughaut hat Form und Zuschnitt wie die Flügel bei sehr flugkräftigen Vögeln; wie Zittel bemerkt, gleicht sie jenen der Schwalben und Möwen. Auch die Beschaffenheit der Knochen weist darauf hin, dieselben sind wie bei den fliegenden Vögeln pneumatisch, d. h. von sehr fester Struktur, aber dünnwandig und innen hohl, jedoch nicht mit Mark gefüllt. Man unterscheidet mehrere Gattungen unter den Pterosauriern des Jura, von welchen zwei Haupttypen wichtig sind, nämlich Pterodactylus mit vollständig bezahntem Kiefer und sehr kurzem Schweife und Ramphorhynchus mit sehr langem Schweife, bei welchem der Kiefer vorn keine Zähne, sondern wahrscheinlich einen Hornschnabel trug.

Digitized by Google

War in der äußern Erscheinung eine gewisse Analogie zwischen Pterodaktylen und Vögeln vorhanden, und zeigten beide eine Reihe wichtiger Anpassungsähnlichkeiten, so finden wir bei den letzten Abteilungen der Reptilien, bei den Dinosauriern, trotz sehr abweichender Körpergestalt im Knochenbaue merkwürdige Anklänge an den Vogeltypus. Keine andre Abteilung umfaßt eine solche Menge von verschiedenen, weit voneinander abweichenden Tieren wie die Dinosaurier, die einzelnen Gruppen derselben haben so wenig gemeinsame Eigentümlichkeiten, daß man sich vergebens fragt, was denn eigentlich dazu berechtigt, alle diese Ti ere zusammenzufassen. Das Vorhandensein von mehr als zwei Kreuzwirbeln, das nicht einmal ganz ohne Ausnahme ist, die Bildung des Beckens und des Fersengelenkes werden zwar als gemeinsame Merkmale genannt, aber dieselben bilden doch nur ein sehr schwaches Band, um so grundverschiedene Typen, wie etwa Iguanodon und Brontosaurus, aneinander zu knüpfen. Von Anfang an war es gut, alle die isolierten Knochenfragmente, mit denen man wenig anzufangen wußte, zusammenzufassen; allein das wäre ganz sicher nicht geschehen, wenn man damals geahnt hätte, wie groß die vorhandene Mannigfaltigkeit ist, und wenn man schon damals eine Anzahl vollständiger Skelete gekannt hätte. Marsh hat in neuerer Zeit eine größere Anzahl von Abteilungen unter den Dinosauriern unterschieden und damit den Überblick sehr erleichtert. Eine wichtige gemeinsame Eigentümlichkeit ist allerdings in den Lebensverhältnissen der Dinosaurier gegeben, sie waren vermutlich alle oder wenigstens der großen Mehrzahl nach Landtiere; aber gerade dieser Umstand muß davor warnen, die Wichtigkeit der übereinstimmenden Skeletmerkmale zu überschätzen, da durch die gleiche Lebensweise übereinstimmende Anpassungen namentlich im Baue des Beckens und der Füße hervorgebracht werden konnten.

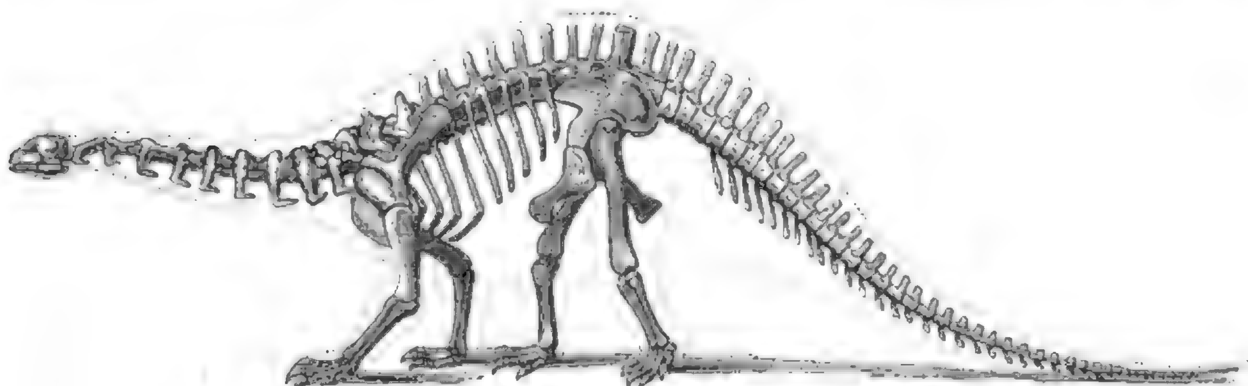
Eine erste Abteilung der Dinosaurier, welche Marsh als Sauropoden bezeichnet, umfaßt eine Reihe von höchst eigentümlichen Formen, die, abgesehen von andern Merkmalen, durch ihre Größe ausgezeichnet sind; namentlich die in der Regel dem Jura zugeschriebenen Ablagerungen des westlichen Nordamerika, deren Alter allerdings noch nicht ganz zweifellos festgestellt ist, haben ganz wunderbare Tiere dieser Gruppe geliefert. Den übrigen Dinosauriern gegenüber sind sie dadurch bemerkenswert, daß sie auf allen vier Beinen gingen, mit der ganzen Sohle des Fußes auftraten, annähernd gleich starke Vorder- und Hinterbeine hatten, und daß jeder Fuß fünf mit Hufen versehene Zehen trug. Es gehören hierher riesige pflanzenfressende Geschöpfe, unter denen Atlantosaurus immanis eine Länge von etwa 36 m erreicht haben soll, und da das Tier nicht so niedrig gestellt war wie etwa ein Krokodil oder eine Eidechse, so war auch seine Höhe eine sehr bedeutende, und man kann mit Recht sagen, daß dieses Ungeheuer die Größe eines ziemlich ansehnlichen Hauses hatte. Man kann sich kaum eine Vorstellung von dem Aussehen und der Art der Fortbewegung eines solchen Untieres machen, ja man staunt, daß die Knochen der Extremitäten im stande waren, diese Riesenlast zu tragen. In der That, da das Gewicht mit der Größe in geometrischer Proportion zunimmt, so wäre das kaum möglich, wenn nicht durch eine besondere Vorrichtung für Erleichterung gesorgt wäre; die ungeheuer großen Wirbel sind nämlich nicht massiv gebaut, sondern ihre Körper sind hohl und waren bei Lebzeiten des Tieres aller Wahrscheinlichkeit nach mit Luft gefüllt und ihre Last also sehr erheblich gemindert; nur der Schwanz war ganz knöchern.

Von Atlantosaurus kennen wir noch keine eingehende Beschreibung und Abbildung, dagegen ist eine solche von dem allerdings bedeutend kleinern, aber immerhin 16 m langen Brontosaurus durch Marsh veröffentlicht worden; das vollständige Skelet, wie es die Abbildung auf S. 297 zeigt, fällt vor allem durch die winzige Kleinheit des Schädels auf, das Gehirn ist so außerordentlich klein, wie es im Verhältnisse wohl bei keinem andern höhern Tiere bis jetzt bekannt ist. Bei dem 12–16 m langen Diplodocus ist der Schädel größer

und zeigt eine sehr auffallende Form, die sich, was den Umriß anlangt, nur mit einem Pferdeschädel vergleichen läßt. Im höchsten Grade befremdend ist das Gebiß, indem nur der vorderste Teil der Kiefer Zähne von schlanker, cylindrischer Form trägt, während der rückwärtige Teil vollständig zahnlos ist (s. Abbildung von Diplodocus, S. 298), ein Verhalten, das sehr eigentümlich ist, da sonst bei Reduktion des Gebisses meist gerade die vordern Zähne verloren gehen, die Backenzähne dagegen sich erhalten.

Auch Jura und Kreide in Europa haben Sauropoden teilweise von sehr bedeutender Größe geliefert, doch sind die Reste derselben so fragmentarisch (wir kennen nur vereinzelte Skeletteile), daß unsre Kenntnis derselben noch sehr weit zurück ist trotz des großen Scharfsinnes, welcher auf deren Deutung verwendet wurde.

Die Sauropoden scheinen keinen Panzer besessen zu haben, ein solcher war dagegen bei den Stegosauriern vorhanden, sie waren auf der Körperoberfläche mit Knochenplatten bewehrt. In der Ausbildung der Füße waren sie gleich den Sauropoden Sohlengänger, aber die Fußwurzel war vollständiger verknöchert, die Vorderextremitäten klein und die

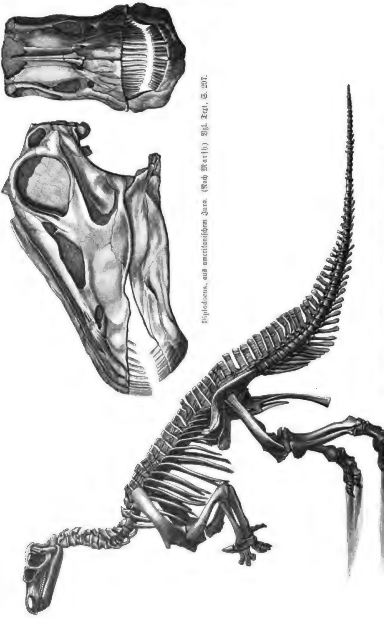


Brontosaurus, aus amerikanischem Jura. (Nach Marsh.) Vgl. Text, S. 296.

Tiere daher vorwiegend darauf angewiesen, aufrecht auf den Hinterbeinen zu gehen. Die meisten waren Raubtiere, doch hat es Seeley für eine Form der Kreidezeit, für Crataeomus, wahrscheinlich gemacht, daß sie von Pflanzenkost lebte. Die bekannteste Gattung dieser Abteilung ist Seclidosaurus aus dem englischen Lias, der für das größte Landtier galt, ehe die riesigen Sauropoden Amerikas bekannt waren. In der That war es ein gewaltiges Tier, bei welchem die Sohlenfläche des Hinterfußes 115 cm maß. Auch Stegosaurus aus dem amerikanischen Jura war ein sehr großes Tier, an welchem namentlich die eigentümliche Form der Wirbelsäule sehr auffallend ist.

Während wir bisher mit Sohlengängern zu thun hatten, sind die noch übrigen Dinosaurier Zehengänger, bei welchen Sohle und Mittelfuß den Boden nicht berührten. Sie zerfallen in zwei verschiedene Abteilungen, die Ornithopoden, Pflanzenfresser, und die Theropoden, Raubtiere, welche teils im Jura, teils in der Kreide in großer Zahl auftreten. Unter den Ornithopoden, welche vorn vier, hinten drei wohl ausgebildete und dazu noch bisweilen Rudimente einer weitern Zehe besitzen, ist in neuerer Zeit durch die Arbeiten von Dollo in Brüssel die Gattung Iguanodon (s. Abbildung, S. 298) genauer bekannt geworden. Wohl gehören die vollständigen Exemplare, die ihm vorlagen, nicht dem Jura, sondern den untersten Teilen der Kreideformation an, da aber auch im obern Jura schon Iguanodonten vorkommen, so mag die Gattung hier als Typus der ganzen seltsamen Abteilung betrachtet werden.

Bei der Anlage eines Stollens in einem Bergwerke zu Bernissart bei Mons in Belgien traf man auf riesige Knochenreste; man erkannte die große Wichtigkeit des Fundes und



Diplodocus, aus amerikanischem Jura. (Nach Marsh.) Vgl. Text, S. 297.

Iguanodon, aus dem Wealden von Bernissart. (Nach Dollo.) Vgl. Text, S. 297.

verwandte alle Mühe auf deren Erhaltung, allein alle Anstrengungen schienen an der bröckeligen Beschaffenheit des Materiales scheitern zu wollen. Endlich kam man auf das Auskunftsmittel, große Kessel in die Grube hinunterzuschaffen, die mit Gipsbrei gefüllt wurden; in diesen hüllte man die Knochen sofort ein, die auf diese Weise herausgeschafft und nach Brüssel gebracht werden konnten, wo sie dann aus den erhärteten Gipsklötzen herauspräpariert wurden. Man erhielt auf diese Weise die vollständigen Skelete von 13 solchen Tieren, von denen das größte bei seiner normalen aufgerichteten Stellung eine Höhe von mehr als 7 m erreicht haben soll. Der ziemlich kleine Kopf birgt ein sehr kleines Gehirn, der vordere Teil der Kiefer ist zahnlos, weiter rückwärts stehen sehr eigentümliche, spatelförmige, an den Rändern gekerbte Zähne, welche von obenher stark abgekaut sind und

Fährten von Iguanodon: Oben zwei Fährten aus dem Wealden von Bückeburg. (Nach Struckmann.) Unten eine große Reihe von Fährten aus englischem Wealden.

ihren Besitzer dadurch als Pflanzenfresser erkennen lassen; der Hals ist ziemlich lang, der sehr kräftige Schultergürtel trägt die Vorderfüße, die zwar nicht auffallend reduziert, aber doch bedeutend kleiner und schwächer waren als die Hinterbeine. Der Rumpf ist massig, die dreizehigen Hinterbeine sehr kräftig und der Schwanz, der offenbar als Stütze für den Körper diente, auffallend stark entwickelt. Wohl kann man schon aus den Skeletmerkmalen allein schließen, daß Iguanodon nur auf den Hinterfüßen ging; allein man hat auch eine unmittelbare Bestätigung für die Richtigkeit dieser Annahme in den Fußfährten dieses gewaltigen Tieres gefunden, welche in der That nur die Abdrücke eines Beinpaares zeigen. Schon seit längerer Zeit waren solche Vorkommnisse aus England bekannt, und neuerdings sind solche aus dem Wälderthone der Umgebung von Bückeburg von Struckmann beschrieben worden (s. obenstehende Abbildung).

Noch manche andre Ornithopoden sind aus dem Jura, namentlich aus Amerika, bekannt, unter ihnen neben jenen gewaltigen Riesen auch kleine, zierliche Geschöpfe, nicht größer als eine Katze, wie Nanosaurus, der, auf seinen Hinterbeinchen langsam und gravitätisch einherschreitend, einen possierlichen Anblick gewährt haben muß.

Digitized by Google

Die letzte Abteilung der Dinosaurier, die Theropoden, waren Raubtiere, die ebenfalls auf den Zehen der Hinterbeine einherschritten; die bekannteste Form dieser Abteilung ist der riesige Megalosaurus mit mächtigen, zusammengedrückten, gekrümmten und an den Rändern gekerbten Zähnen, der im Jura sowohl als in der Kreide sehr verbreitet vorkommt, aber noch nie in einem vollständigen Exemplare oder auch nur so weit erhalten aufgefunden worden ist, daß man sich ein Bild von demselben machen könnte. Wohl hat man wie bei Megalosaurus, so auch bei Iguanodon und andern Dinosauriern Rekonstruktionsversuche gemacht, die Tiere gezeichnet und sogar in Lebensgröße modelliert, allein diese Versuche sind gründlich mißglückt, was z. B. von den im Kristallpalaste von Sydenham in London aufgestellten Dinosauriergruppen gilt. Etwas vollständigere Reste kennen wir nur von sehr wenigen Theropoden; den prachtvollen Schädel eines riesigen Tieres hat Marsh kürzlich unter dem Namen Ceratosaurus (s. untenstehende Abbildung) beschrieben; die mächtigen, hornartigen Knochenwülste auf dem Schädel bilden einen höchst eigentümlichen Charakter und müssen dem Tiere ein äußerst fremdartiges und seltsames Aussehen verliehen haben.

Ceratosaurus, aus amerikanischem Jura. (Nach Marsh.)

Nur von einer einzigen Gattung kennen wir das ganze Skelet, nämlich von dem winzigen Compsognathus aus den Solnhofener Schiefern, von welchem bisher ein einziges Exemplar gefunden worden ist. Die Abbildung auf S. 301 zeigt dieses prachtvolle Unikum des Münchener paläontologischen Institutes; das Tier mit seinen verhältnismäßig enormen Hinterbeinen und den sehr kleinen Vorderbeinen liegt in der Weise auf der Schieferplatte, daß der Hals bogenförmig zurückgekrümmt ist; der Schädel, der vom Halse abgelöst ist, berührt mit seiner Oberseite den Rücken in der Beckengegend.

Es wurde schon oben erwähnt, daß im Skeletbaue die Dinosaurier manche Verwandtschaft mit den Vögeln zeigen, und so befremdend es auch klingen mag, daß die plumpen Iguanodonten und Megalosaurier Ähnlichkeit mit den flinken Seglern haben sollen, so tritt eine solche doch im Baue von Becken und Hinterbeinen thatsächlich hervor; bis jetzt wurde dieser Gegenstand und der Bau der betreffenden Teile bei den Dinosauriern absichtlich nicht weiter erwähnt, und wir wollen uns hier bei Compsognathus mit dieser interessanten Thatsache etwas näher befassen, da bei ihm unter allen eingehender beschriebenen Dinosauriern die Vogelähnlichkeit am meisten hervortritt.

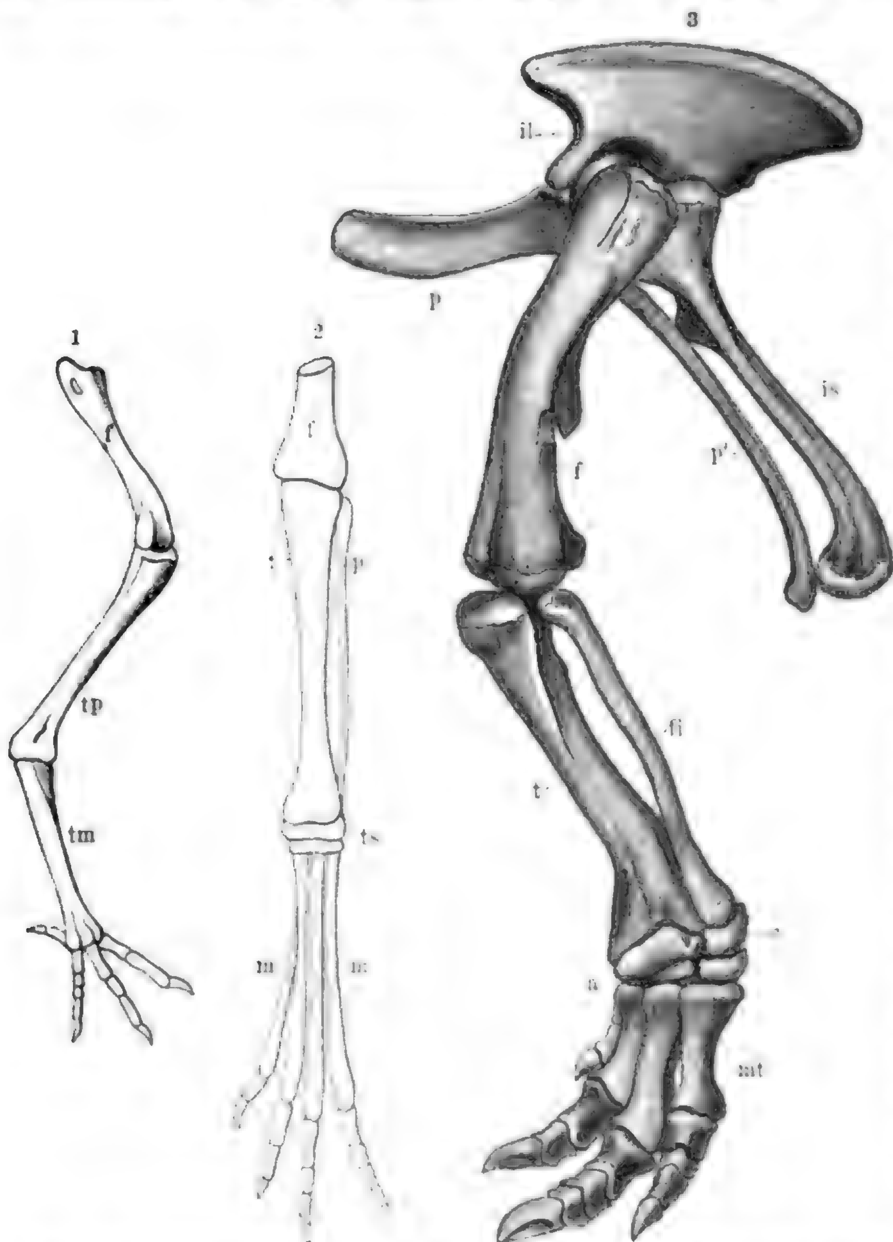
Der normale Bau des Hinterfußes bei den Wirbeltieren ist der, daß sich an das Becken der Oberschenkel (Femur) anschließt; derselbe endet im Kniegelenke, es folgen dann die beiden Unterschenkelknochen, das Schienbein und das Wadenbein (Tibia und Fibula), die im Fersengelenke gegen den Fuß absetzen. Dieser ist aus der Fußwurzel (Tarsus), die bei

voller Entwickelung aus zwei Reihen kurzer Knochen besteht, dem Mittelfuße (Metatarsus) und den Zehen (Phalangen) zusammengesetzt. Der Vogelfuß weicht davon wesentlich ab; abgesehen von der Kürze des Oberschenkels und der Länge des Unterschenkels, in welchem Tibia und Fibula verwachsen sind, ist namentlich ein sehr wichtiger Charakter vorhanden, es fehlen nämlich die Fußwurzel und der Mittelfuß, und zwischen Unterschenkel und Zehen tritt ein langgestreckter Röhrenknochen, der Lauf (Tarso-Metatarsus), auf. Man sagt in

Compsognathus, aus dem lithographischen Schiefer von Solnhofen. Vgl. Text, S. 300.

der Regel: „der Lauf ersetzt Fußwurzel und Mittelfuß“. Das ist aber streng genommen nicht richtig; wenn man die Embryonalanlage des Vogelfußes am Küchlein im Eie studiert, so findet man, daß in früher Jugend die Anlage eines ganz normalen Fußes vorhanden ist mit zwei Reihen der Fußwurzel und mit so viel Mittelfußknochen als Zehen. Erst beim weitern Wachstume ändert sich dieses Verhältnis, der obere Teil der Fußwurzel verwächst mit dem Schienbeine, während aus den Mittelfußknochen und dem untern Teile der Fußwurzel der Lauf entsteht (s. Abbildung 1, S. 302). Es ist also in diesem letztern nur ein Teil der Fußwurzel enthalten, und das Gelenk zwischen Unterschenkel und Lauf, das Fersengelenk, geht mitten zwischen den beiden Abschnitten der Fußwurzel durch.

Betrachten wir nun den Fuß der Dinosaurier, so finden wir eine entschiedene Hinneigung zu dieser Entwickelung, er stellt gewissermaßen einen embryonalen Vogelfuß dar (s. untenstehende Abbildung 3). Bei Compsognathus ist der Oberschenkel viel kürzer als der Unterschenkel, das Fersengelenk geht, wie überhaupt bei allen Dinosauriern, zwischen den beiden Reihen der Fußwurzel hindurch, die obere derselben besteht nur aus zwei Knochen (Calcaneus und Astragalus) und verwächst, wenn auch nicht ganz, mit dem Unterschenkel; endlich ist der Mittelfuß sehr lang gestreckt. Es ist das in der That eine auffallende Vogelähnlichkeit, und solche tritt auch, allerdings weit weniger ausgeprägt, in der Beckenbildung hervor; die Verlängerung des Darmbeines vor der Gelenkgrube des Oberschenkels, die Länge und Schlankheit des Sitzbeines und Schambeines erinnern namentlich an die straußähnlichen Vögel, und auch die große Anzahl der Kreuzbeinwirbel, an welche sich das Becken anheftet, können in dieser Richtung gedeutet werden.

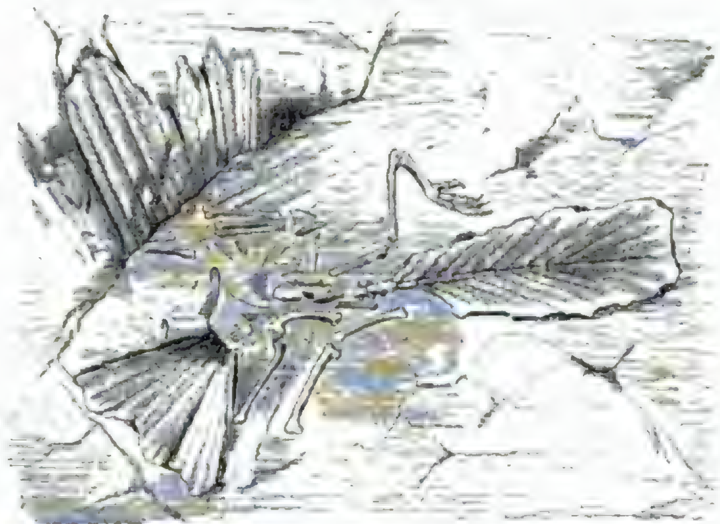


1. Fuß eines erwachsenen Huhnes. — 2. Fuß eines Hühnerembryos (vergrößert); vom Oberschenkel ist hier nur der unterste Teil gezeichnet. (Nach Schmidt.) — f Oberschenkel — t Schienbein — p Wadenbein — tp Unterschenkel (Schienbein und Wadenbein verwachsen) — ts Fußwurzel — m Mittelfuß — tm Lauf. Vgl. Text, S. 301. — 3. Becken und Fuß von Camptonotus dispar, einem Dinosaurier aus dem Jura von Nordamerika. (Nach Marsh.) il Darmbein (Ilium) — is Sitzbein (Ischium) — p, p' Schambein (Pubis) — f Oberschenkel (Femur) — t Schienbein (Tibia) — fi Wadenbein (Fibula) — a Sprungbein (Astragalus) — c Fersenbein (Calcaneus) — mt Mittelfuß (Metatarsus).

Man hat aus dieser Übereinstimmung in manchen Merkmalen geschlossen, daß die Dinosaurier die Stammeltern der Vögel seien, und diese Ansicht erfreut sich großer Verbreitung; ehe wir aber diese Frage näher besprechen, wollen wir, nachdem wir das vogelähnlichste Reptil in Compsognathus kennen gelernt haben, uns nun zu dem reptilähnlichsten Vogel wenden, der durch einen merkwürdigen Zufall in derselben Ablagerung gefunden worden ist. Es ist das der berühmte und vielbesprochene Archaeopteryx aus den lithographischen Schiefern, von dem bis jetzt zwei Exemplare entdeckt worden sind.

Im Jahre 1860 wurde eine einzelne Vogelfeder von Solnhofen beschrieben; ein Jahr

später machte die Nachricht die Runde durch alle Zeitungen, daß daselbst Reste eines höchst seltsamen gefiederten Tieres gefunden worden seien (s. untenstehende Abbildung); das Stück wurde zu einem enorm hohen Preise ausgeboten und bis zu dem Abschlusse eines Kaufes die Kopierung nicht gestattet. Oppel besichtigte den Fund, erkannte denselben als einem Vogel angehörig und lieferte nach seiner Rückkehr von Solnhofen aus dem Gedächtnisse eine getreue Abbildung des Originales, eine Probe von wahrhaft staunenswertem Formensinne. Diese Zeichnung wurde von Andreas Wagner veröffentlicht, der jedoch das Tier als Reptil deutete und ihm den Namen Gryphosaurus gab. Das wunderliche Geschöpf wurde endlich für 600 Pfund (12,000 Mark) vom Britischen Museum angekauft und von Richard Owen ausführlich beschrieben; Kopf, Hals, Rumpfwirbel fehlen ganz oder größtenteils, erhalten sind teils ganz, teils in bedeutenden Fragmenten der Schultergürtel und das Becken, Vorder- und Hinterextremitäten, die lange Schwanzwirbelsäule und das Gefieder von Flügeln und Schwanz.


Archaeopteryx, von Solnhofen, Londoner Exemplar.

16 Jahre hindurch blieb dieser Fund ein Unikum, 1877 wurde aber in den lithographischen Schiefern bei Eichstätt, $3^1/_2$ Wegstunden von dem Fundorte des ersten, ein zweites Exemplar gefunden, das weit vollständiger war als jenes und namentlich auch den Kopf zeigte (vgl. Abbildung, S. 304); nach mannigfachen Wechselfällen wurde dasselbe im Jahre 1880 für das mineralogische Museum der Berliner Universität für 20,000 Mark erworben und neuerlich von Dames beschrieben. Bei dem Berliner Exemplare ist, wie schon erwähnt, der Kopf erhalten und dasselbe überhaupt bis auf das Brustbein, einige Teile des Schultergürtels und das Becken fast vollständig.

Da beide Stücke einander ergänzen, so können wir uns heute von dem Baue eine ziemlich gute Vorstellung machen; fassen wir alle Beobachtungen zusammen, so ergibt sich, daß Archaeopteryx der Gesamtheit seiner Merkmale nach den Vögeln viel näher steht als den Reptilien, daß er mit voller Bestimmtheit zu den erstern gehört, daß er aber in einer Reihe von Merkmalen allerdings erheblich von den jetzt lebenden Vögeln abweicht, und daß diese Charaktere großenteils bei Vogelembryonen, teilweise auch bei Reptilien wiederkehren.

Der Schädel ist der Hauptsache nach ein entschiedener Vogelschädel, der von den Augenhöhlen, den Nasenlöchern und einer zwischen beiden gelegenen mittlern Öffnung durchbrochen wird; in der Augenhöhle befindet sich ein aus etwa zwölf Platten versehener Knochenring. Nur in einem Punkte finden wir vollständige Abweichung von allen lebenden Vögeln, indem Ober- und Unterkiefer mit echten Zähnen versehen sind, die in Alveolen oder Zahngruben stecken. Das gleiche Merkmal hat Marsh auch bei den Vögeln der Kreideformation nachgewiesen, und auch in der jetzigen Schöpfung sind Spuren und Rudimente von Zähnen bei jungen Exemplaren mancher Vögel, namentlich bei Papageien, vorhanden.

Die Wirbelsäule besteht, wie bei niedriger organisierten Amphibien und Reptilien und wie bei einem Vogel der amerikanischen Kreide, Ichthyornis, aus bikonkaven Wirbeln, bei welchen Ober- und Unterseite der Wirbelkörper ausgehöhlt ist; im übrigen aber tragen sie Vogelcharakter, wenn auch weniger und minder komplizierte Fortsätze daran vorhanden

sind als bei spätern Vögeln und auch eine gewisse Ähnlichkeit mit Pterodactylus nicht zu verkennen ist. Den Rippen fehlen die bezeichnenden Processus uncinati der Vögel, und in dem Auftreten von Bauchrippen ist ein entschiedenes Reptilmerkmal gegeben. Sehr

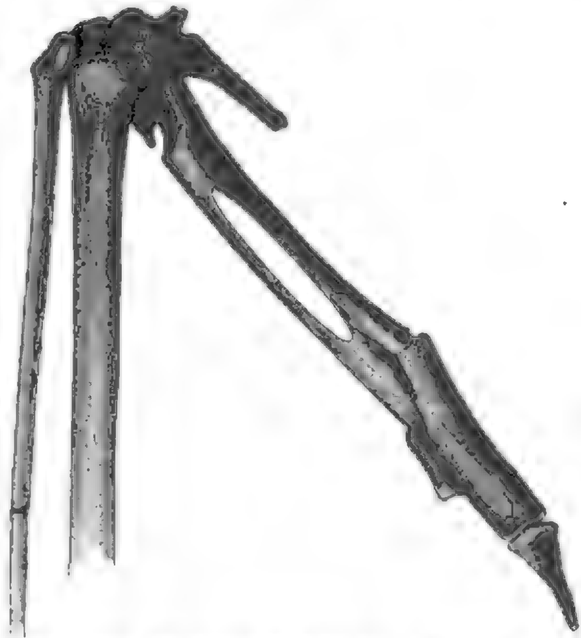
Archaeopteryx, aus dem lithographischen Schiefer von Eichstätt. Berliner Exemplar. (Nach Dames.) Vgl. Text, S. 303.

abweichend ist der Schwanz gebildet; bei den geologisch jüngern Vögeln besteht das Schwanzskelet aus einer geringen Anzahl von Wirbeln und wird von dem wechselnd geformten Endkörper oder Pygostyl nach hinten abgeschlossen, den die Steuerfedern fächerförmig umgeben. Bei Archaeopteryx dagegen sind 20 langgestreckte Schwanzwirbel vorhanden, sie bilden in der äußern Erscheinung ein Schweifskelet, das ganz an das eines Reptiles, etwa einer

Digitized by Google

Eidechse, erinnert, nicht aber im Baue der einzelnen Wirbel, die den Charakter von Vogelwirbeln tragen. Und wenn trotzdem der Unterschied zwischen Archaeopteryx und den übrigen Vögeln ein sehr beträchtlicher ist, so wird er doch einigermaßen dadurch gemildert, daß der Endkörper bei den lebenden Vögeln im Embryonalleben aus mehreren getrennten Wirbeln besteht, die erst später verwachsen. Die Federn sind am Schwanze von Archaeopteryx in der Weise angebracht, daß die Steuerfedern, hier zu beiden Seiten des langen, knöchernen Schwanzes angeordnet, wie die Fahne zu beiden Seiten des Schaftes einer einzelnen Feder stehen.

Der Schultergürtel ist zwar nur unvollständig bekannt, zeigt aber ganz den Vogelcharakter, und es tritt das namentlich hervor in dem Vorhandensein eines höchst charakteristischen Gebildes, des bekannten Gabelbeines oder der Furcula, welche aus der Verwachsung der Schlüsselbeine hervorgegangen ist. Im Baue der mit mächtigen Schwungfedern versehenen Flügel herrscht, namentlich im obern Teile, die Vogelähnlichkeit ganz entschieden vor und kommt besonders im Vorhandensein nur einer Reihe von Handwurzelknochen zum Ausdrucke. Auch das Vorhandensein von nur drei Fingern ist, wie bei allen andern Vögeln, sehr bezeichnend. Dagegen sind die Finger nicht miteinander verwachsen, sie stimmen in der Zahl der Fingerglieder ganz mit Krokodilen und Eidechsen überein, sie sind mit Krallen versehen und konnten wie zum Fluge, so auch zum Gehen auf dem Boden verwendet werden.



Vorderer Teil des Flügels von einem gewöhnlichen Vogel.

Im Becken von Archaeopteryx kommen wichtige Reptilähnlichkeiten und namentlich Annäherungen an die Dinosaurier zum Vorscheine, die bei andern Vögeln fehlen, speziell darin, daß gewisse Knochen nicht fest miteinander verwachsen, sondern durch Nähte verbunden sind; in der Form der einzelnen Knochenelemente wiegt der Vogeltypus entschieden vor. Der Bau der Füße endlich ist durchaus wie bei allen andern Vögeln und läßt keine Spur von Reptilmerkmalen erkennen. Daß Schwungfedern und Steuerfedern vorhanden waren, wurde schon hervorgehoben; außerdem läßt das Berliner Exemplar noch Federn in der Halsregion und am Unterschenkel erkennen, und das Auftreten der letztern hat sogar auf die Idee geführt, daß Archaeopteryx mit Flügeln und Füßen geflogen sei.

Blicken wir auf alle die Merkmale, die wir an der Hand der Darstellung von Dames kennen gelernt haben, so finden wir die vollste Bestätigung der oben vorgreifend ausgesprochenen Ansicht, daß Archaeopteryx ein entschiedener Vogel ist und nicht ein Bindeglied, das die Kluft zwischen Vögeln und Reptilien vollständig überbrückt und mit demselben Rechte zu der einen wie zu der andern Abteilung gestellt werden kann. Allerdings sind das Auftreten von Zähnen, von Bauchrippen, die Zahl der Fingerglieder, das Fehlen einer Verwachsung dieser, endlich das Auftreten von Krallen am Flügel, die unvollständige Verknöcherung des Beckens, das lange Schwanzskelet und manches andre eine Reihe von Merkmalen, welche an Reptilien mahnen, und anderseits sind manche fossile Reptilien, namentlich Pterosaurier und Dinosaurier, weit vogelähnlicher als irgend welche lebende

Angehörige dieser Klasse. Ein vollständiger Übergang ist aber noch nicht vorhanden, und wenn auch die Abstammung der Urvögel von Reptilien oder wenigstens die Herkunft beider aus gemeinsamer Wurzel nicht dem mindesten Zweifel unterliegen kann, so finden wir doch unter den bisher bekannten Reptilien keins, auf das wir speziell als auf die Stammform der Vögel hinweisen könnten, wie das von Dames überzeugend dargelegt worden ist. Daß die Pterodaktylen nach dem ganzen Mechanismus ihrer Flugorgane nicht in Betracht kommen können, wurde schon erwähnt, und auch das Fehlen der Schlüsselbeine bei denselben setzt einer solchen Annahme unübersteigliche Hindernisse entgegen. Ähnlich verhält es sich bei den Dinosauriern, deren Vogelähnlichkeit in manchen Charakteren oben hervorgehoben wurde. Allein hier beschränkt sich die Übereinstimmung so ziemlich auf Becken und Hinterbeine, also die Teile, auf welche die beiden Abteilungen gemeinsame aufrechte Körperhaltung und der Gang auf zwei Beinen von entscheidendem Einflusse sind. In allen übrigen Punkten ist keine spezielle Übereinstimmung zu bemerken, wir haben es eben nur mit gemeinsamen Anpassungsmerkmalen zu thun, wirkliche nahe Stammverwandtschaft zwischen Dinosauriern und Vögeln ist wenigstens nach dem heutigen Stande unsrer Kenntnis der erstern nicht vorhanden. Überdies ist Archaeopteryx eine stark spezialisierte Form, die schon weit von der ursprünglichen Abzweigungsstelle des Vogelstammes entfernt ist und beweist, daß der letztere schon lange vor dem Auftreten von Archaeopteryx existiert haben muß. Wenn unter den bisher bekannten Reptilien dasjenige genannt werden sollte, das der Stammform der Vögel noch am nächsten steht, so müßten wir uns den sehr alten, stark generalisierten Typen, wie dem permischen Proterosaurus, zuwenden.

Unterkiefer von Amphitherium, aus dem mitteljurassischen Schiefer von Stonesfield in England.

Auch im Jura von Wyoming in Nordamerika sollen neuerdings Reste von Vögeln gefunden worden sein, doch ist noch nichts Näheres über dieselben bekannt.

Bedeutend zahlreicher als die Reste der Vögel sind diejenigen der Säugetiere; es ist das allerdings nicht etwa ein sicherer Beweis dafür, daß die erstern in jurassischer Zeit auch wirklich in größerer Zahl vorhanden waren. Die Knochen der Vögel sind verhältnismäßig sehr zart, und vermöge ihrer Lebensweise kommen Reste von solchen seltener als diejenigen irgend einer andern Wirbeltierabteilung in Schichten vor, in welchen sie sich leicht erhalten. Säugetiere sind schon in der obern Trias vorhanden, im Jura sind sie namentlich in den Schiefern von Stonesfield und in den Purbeckschichten Englands sowie in den westlichen Teilen von Nordamerika gefunden worden. Die Reste der letztern Region, die sehr zahlreich und wohlerhalten sein sollen, haben bis jetzt noch keine eingehende Beschreibung erfahren; sie scheinen sich aber unter den jetzt lebenden Formen am engsten an die Beuteltiere anzuschließen, und dasselbe gilt der Hauptsache nach von den Vorkommnissen in England, die sich mit sehr geringen Ausnahmen auf Unterkiefer beschränken. Wir finden unter denselben Typen, welche den insektenfressenden Beuteltieren, namentlich der lebenden Gattung Myrmecobius, sehr nahe stehen, z. B. Phascolotherium und Amphitherium (s. obenstehende Abbildung), während einzelne andre sich mehr den pflanzenfressenden Känguruhratten anschließen.

Formenmenge der Fauna des Jura.

Werfen wir auf diese gesamte Fauna des Jura einen Blick, so erhalten wir den Eindruck, daß zwar die Fauna des festen Landes und des süßen Wassers nur in überaus dürftigen Fragmenten bekannt ist, daß wir dagegen von den Meerestieren, soweit sie

überhaupt erhaltungsfähig sind, nicht dasselbe sagen können. Es ist wenig wahrscheinlich, daß unter diesen ein wichtigerer, größerer Formenkreis mit Hartteilen versehener Tiere existiert habe, der ohne jede Spur seiner Existenz verschwunden wäre, und wenn wir die Meeresfauna des Jura mit der jetzt lebenden vergleichen, so finden wir, daß die damalige Marinbevölkerung keine geringere Mannigfaltigkeit aufweist als die heutige. Foraminiferen, Radiolarien, Schwämme, Korallen, die verschiedenen Typen der Echinodermen erscheinen so reichlich wie heute, und wenn auch z. B. die irregulären Seeigel schwächer vertreten sein mögen als heute, so sind dafür die regulären Formen um so häufiger. Bryozoen sind sehr formenreich, die Brachiopoden sogar entschieden häufiger und mannigfaltiger als jetzt, und bei den Mollusken ist ebenfalls wegen der großen Menge der schalentragenden Cephalopoden eher ein Übergewicht zu gunsten des Jura vorhanden. Krebstiere sind zwar in den meisten Ablagerungen entschieden selten, wenn wir aber die Anhäufung zahlreicher Gattungen an einzelnen begünstigten Lokalitäten, z. B. in den lithographischen Schiefern, betrachten, so wird es wahrscheinlich, daß auch in dieser Richtung während des ganzen Jura große Mannigfaltigkeit herrschte. Bei den Wirbeltieren sehen wir größere Verschiedenheiten; unter den Fischen sind die Knochenfische oder Teleostier, welche heute die große Mehrzahl aller Formen liefern, nur sehr schwach vertreten, aber einen Ersatz dafür bilden die schmelzschuppigen Ganoiden, die in den jetzigen Meeren in sehr geringer Zahl vorhanden sind. Die Säugetiere fehlen dem Jura-Ozeane, wie es scheint, noch ganz, aber an Stelle der Wale, Delphine, Seehunde ꝛc. treten die mächtigen Reptilien, die Ichthyosauren, Plesiosauren, Teleosauren und ihre Genossen.

Sehen wir in diesem einen der Faktoren, welche auf die Artenzahl der Faunen bestimmend einwirken, ungefähres Gleichgewicht zwischen dem Jura und der Jetztzeit, so liegt es nahe, einen Schritt weiter zu gehen und die Menge der Formen in beiden Perioden miteinander zu vergleichen; es ist das jedoch eine sehr schwierige Aufgabe, die viel verwickelter ist, als es auf den ersten Blick scheinen mag. Es wäre zwar das Nächstliegende, die Arten einfach abzuzählen und dann die Summen nebeneinander zu stellen, aber schon die einfachste Überlegung zeigt, daß wir auf diesem Wege zu keinem brauchbaren Resultate kommen können; die jetzige Fauna entspricht einem Momente in der geologischen Entwickelung, in den 33 Zonen des Jura haben wir ebensoviel aufeinander folgende Phasen, deren jede einzelne der Jetztzeit gleichwertig ist. Außerdem sehen wir, daß der Artenreichtum in den einzelnen Zonen des Jura sehr ungleich verteilt ist; aus einzelnen derselben kennen wir über 1000 verschiedene Formen, während aus andern, namentlich liasischen, Zonen die Zahl eine sehr geringe ist. Niemand wird glauben, daß diese Verschiedenheiten auf ebenso vielen wirklichen Schwankungen des Tierlebens beruhen; die Abweichungen erklären sich ganz einfach dadurch, daß wir in dem einen Falle viele verschiedene fossilreiche Faciesentwickelungen desselben Horizontes, im andern nur die einförmige Ammonitenfacies mit ihrer verhältnismäßig geringen Artenzahl kennen. Schon daraus geht hervor, daß zum mindesten ein großer Teil der Jurafaunen nur in geringen Bruchstücken bekannt ist; Jurafauna und jetzige Fauna in der Gesamtheit der bisher bekannten Arten sind also direkt überhaupt gar nicht vergleichbare Größen. Überdies gibt es keine Zusammenstellung, welche hier verwendbar wäre, und wenn man die Zahl der bekannten Meerestiere des Jura zu 10,000, die der jetzt lebenden Meerestiere mit erhaltungsfähigen Hartteilen zu 50,000 anschlägt, so sind das ganz ungefähre Schätzungen, die nicht den mindesten Anspruch auf Genauigkeit machen.

Wir müssen also, um zu einem Resultate zu gelangen, andre Wege einschlagen, wir müssen diejenigen Faktoren aufsuchen, welche heute die große Formenmannigfaltigkeit bedingen, und dann überlegen, ob dieselben Ursachen auch zur Jurazeit schon herrschten. Eine Bedingung, das Vorhandensein einer ebenso großen Zahl von Klassen und Ordnungen

wie heute, wurde schon besprochen; daß auch eine Gliederung in klimatische Zonen und eine Sonderung verschiedener zoogeographischer Provinzen stattfand, die so wesentlich bedingend für den Reichtum der Faunen sind, werden wir im weitern Verlaufe erfahren, und auch die Verschiedenheit der Faciesentwickelung war schon damals eine sehr bedeutende. Schwieriger ist die Frage zu beantworten, ob nicht die einzelnen Arten größere geographische Verbreitungsbezirke hatten als heute, und in der That finden wir sehr vielfach die Meinung verbreitet, daß in dieser Richtung sehr bedeutende Abweichungen herrschten.

Eine solche Ansicht konnte auch als berechtigt gelten, ehe die großen Untersuchungen der letzten Dezennien über die hohe See und die Tiefen des Ozeanes ihr Licht in dieser Beziehung verbreiteten. Heute wissen wir, daß die Tiere, die weit außen im offenen Meere schwimmen und in seinen Abgründen den Boden bevölkern, über ungeheure Strecken sich gleich bleiben. Tiefen unter 500 Faden sind über die ganze Erde von einer Fauna bewohnt, welche im allgemeinen durchgehends dieselben Züge besitzt; „Tiefseegattungen haben in der Regel kosmopolitische Verbreitung; während die Arten entweder universell verbreitet sind, oder wenn sie an weit entfernten Standorten voneinander abweichen, so sind sie entschieden stellvertretend, d. h. sie zeigen zu einander enge genetische Verwandtschaft"; in diesen Worten faßt Wyville Thomson, der Leiter der Challenger-Expedition, die Ergebnisse der Untersuchungen über diesen Gegenstand zusammen. Wie an einer andern Stelle gezeigt wurde, kennen wir aus den alten Formationen unverhältnismäßig viele Vorkommnisse dieser Art, während in der Jetztwelt, von einzelnen großartigen Expeditionen abgesehen, fast nur die wechselnden Uferfaunen untersucht werden und uns infolgedessen als normal erscheinen, obwohl sie nur wie ein schmaler, bunter Kranz die ungeheuern ozeanischen Räume umgeben. Daß auch in der Jurazeit geringe geographische Verbreitung bei der Bevölkerung des seichten Wassers vorkam, geht mit Sicherheit aus dem Umstande hervor, daß in den wenigen Fällen, die sich der Beurteilung darbieten, bei vollständig gleicher Faciesentwickelung nahe bei einander gelegene Fundorte von Seichtwasserbildungen eine größere Artenzahl gemein haben als solche, die etwas weiter voneinander entfernt sind.

Da wir demnach sehen, daß zur Jurazeit in jeder Richtung dieselben Bedingungen für den Artenreichtum der Marinfauna vorhanden waren wie heute, so werden wir daraus mit Notwendigkeit schließen müssen, daß die Marinfauna während jeder einzelnen Phase der Juraformation ebenso reich war wie die jetzt lebende.

Allerdings läßt sich dagegen von einem andern Gesichtspunkte aus eine Einwendung erheben; nach den Voraussetzungen der Abstammungslehre findet nicht nur eine fortwährende Umgestaltung der Formen statt, sondern mit diesem Vorgange ist auch sehr häufig eine Differenzierung verbunden, indem sich aus einer Art zwei oder mehrere neue, voneinander abweichende entwickeln. Es fände also eine stete Vermehrung der Artenzahl statt, und somit könnte die Zahl der gleichzeitig lebenden Formen zur Jurazeit noch nicht so groß gewesen sein wie heute. Allein diese Auffassung ist durchaus unrichtig; wenn eine stete Vermehrung der Arten in geometrischer Progression stattfände, so würde sich die Zahl derselben bald ins Ungeheure steigern; die Individuenzahl innerhalb jeder einzelnen Art aber würde natürlich infolgedessen eine immer geringere und dadurch die Gefahr des Aussterbens von selbst herantreten. Wie unter den Individuen, findet auch unter den Arten ein steter Kampf ums Dasein statt, der Überschuß wird vernichtet, und bei der kolossalen Überproduktion an neuen Formen, die seit langen geologischen Perioden fortwährend stattfindet, ist nicht die Zahl der neuauftretenden Mutationen maßgebend für den Artenreichtum, sondern lediglich die Verhältnisse der Konkurrenz. Es existieren seit unendlich langen Zeiträumen schon so viele Formen, als überhaupt nebeneinander unter den jeweiligen Verhältnissen Platz haben, und sowenig wie bei den Individuen ist bei den Arten der Schluß gestattet, daß durch die

Vermehrung in geometrischer Progression eine wirkliche Zunahme der gleichzeitig lebenden Typen stattfinde.

Wenn wir nun sehen, daß zur Jurazeit die Meeresfauna eine ebenso reiche war wie heute, so gilt das natürlich für die Fauna einer Phase des Jura, für jede einzelne Jurazone, und da wir deren ungefähr 33 zählen, so müssen natürlich während der ganzen Dauer des Jura sehr viel mehr erhaltungsfähige Meerestiere gelebt haben als heute. Natürlich hat jede Zone zahlreiche Arten mit andern gemein, aber immerhin müssen wir annehmen, daß die Zahl im Jura mindestens zehn- bis fünfzehnmal so groß war wie heute. Mit andern Worten, wir müssen annehmen, daß eine halbe bis dreiviertel Million mit Hartteilen versehener Formen vorhanden war, von denen uns nur etwa 10,000 bekannt sind. Natürlich sind alle solche Zahlen im höchsten Grade unsicher, mit demselben Rechte könnten wir die Hälfte oder das Doppelte annehmen; der einzige Wert solcher Schätzungen ist der, zu zeigen, daß die Menge des früher Vorhandenen überaus groß, die des uns Bekannten sehr klein ist; sie klärt uns ferner über das Mengenverhältnis wenigstens so weit auf, daß wir wissen, ob wir mit Zehnteln, Hundertsteln oder Tausendsteln zu rechnen haben, wenn wir von dem uns erhaltenen Teile der ehemaligen Meeresfauna sprechen. Noch sehr viel geringer ist natürlich, was wir über die Land- und Süßwassertiere wissen, aber hier ist unser Wissen so überaus unvollkommen, daß wir nicht einmal eine entfernte Schätzung wagen können, welchen Anteil der ehemals existierenden Gesamtbevölkerung wir überhaupt kennen.

Natürlich sind wir unter diesen Umständen nicht im stande, ein vollständiges Bild von der Entwickelung der Organismenwelt im Jura zu entwerfen, aber wenigstens für die häufigsten und verbreitetsten Formen, namentlich für die Ammoniten, reicht das Beobachtungsmaterial doch aus, und dadurch gewinnt das Studium der jurassischen Ablagerungen besonderes Interesse und die Resultate aus demselben besondere Tragweite.

Der Jura in Mitteleuropa.

Beim Studium des Jura bilden die Ablagerungen Mitteleuropas mit ihrer überaus reichen Gliederung, mit der ungeheuern Menge ihrer Versteinerungen den Ausgangspunkt, und auch wir müssen dieselben zunächst ins Auge fassen. Vor allem aber müssen wir uns darüber verständigen, was unter mitteleuropäischem Jura zu verstehen sei. Wenn wir die verschiedenen Entwickelungsarten unsrer Formation in Europa betrachten, so finden wir, daß, abgesehen von jenen auf eng lokalen Verhältnissen beruhenden Abweichungen, die man als Faciesunterschiede bezeichnet, sich drei große, über sehr weite Strecken verfolgbare Typen voneinander trennen lassen, deren Verschiedenheiten sich weder durch wechselnde Tiefe des Meeres noch durch die Beschaffenheit des Meeresbodens &c. erklären lassen; es sind Verschiedenheiten derselben Art, wie sie in den heutigen Meeren zwischen den einzelnen geographischen Provinzen existieren, und als solche müssen wir sie auch betrachten. Die eine derselben, die alpine oder mediterrane Provinz, umfaßt die Ablagerungen im südlichen Portugal und im größern Teile von Spanien, im alpinen Teile von Frankreich, in den Alpen, in Italien, den Karpathen, dem Balkan und allen südlich davon gelegenen Gegenden; zu der mitteleuropäischen Provinz gehören die Vorkommnisse im nördlichen Portugal und im nordwestlichen Spanien, im außeralpinen Teile von Frankreich, Deutschland und Österreich, ferner in England, Russisch-Polen und im südlichsten Rußland; der dritten, der Moskauer Provinz, endlich rechnen wir alle jene jurassischen Ablagerungen zu, welche im mittlern und nördlichen Rußland in größter Verbreitung auftreten und in ähnlicher Weise auf den Lofoteninseln an der norwegischen Küste vorhanden sind.

Zur Charakterisierung dieser geographischen Abteilungen dürfen natürlich keinerlei von Faciesverhältnissen abhängige Merkmale verwendet werden, wir werden namentlich die Eigentümlichkeiten der universell verbreiteten Meeresfaunen dazu verwenden müssen. So finden wir, daß in der alpinen Provinz die Ammonitidengattungen Phylloceras, Lytoceras, Simoceras und Haploceras ihre Hauptverbreitung besitzen; Mitteleuropa ist durch die Seltenheit dieser Gattungen, ferner durch starke Entwickelung andrer, z. B. Oppelia und Peltoceras, ausgezeichnet, während das Moskauer Gebiet durch vollständiges Fehlen der spezifisch alpinen Typen, durch die Seltenheit der Gattungen Oppelia, Aspidoceras, Peltoceras &c. sowie der Riffkorallen, ferner durch außerordentliche Entwickelung der Gattung Cardioceras, der Gruppe des Belemnites excentricus und vor allem der Muschelsippe Aucella sowie durch eine Reihe andrer minder wichtiger Merkmale ausgezeichnet ist.

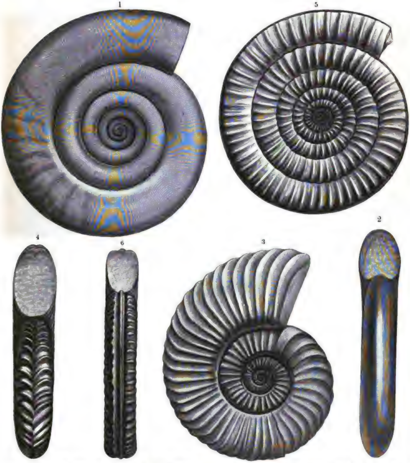
Wir wenden uns dem mitteleuropäischen Typus zu. Wie bei Schilderung der Triasablagerungen gezeigt wurde, war während der Keuperzeit das ganze Gebiet meist mit Binnenwassern bedeckt, aus welchen sich bunte Mergel und Sandsteine mit Landpflanzen und Resten von Fischen, Amphibien und Reptilien ablagerten. Nur vereinzelt finden sich marine Einlagerungen mit einzelnen Muscheln, und erst ganz zu Ende der Triasformation breitet sich eine an sich noch immer ärmliche, aber im Vergleiche zu den frühern Vorkommnissen reiche Fauna von Meereskonchylien durch fast alle Meere unsrer Region aus. Es ist das die rätische Fauna, welche sich durch ihren Charakter als eine Einwanderung, als eine Kolonie aus dem alpinen Gebiete darstellt. Für die große Mehrzahl der marinen Typen waren aber die Verhältnisse noch nicht günstig, und namentlich Cephalopoden, Brachiopoden, Echinodermen, Korallen fehlen noch bis auf äußerst unbedeutende Spuren; auch die einzelnen Arten sind durchweg klein und dürftig, aber meist in großer Individuenmenge vorhanden; es war vermutlich der Salzgehalt des Wassers noch ein verhältnismäßig schwacher.

Das Meer breitet sich nun allgemein aus und nimmt mehr und mehr normale Verhältnisse an; mit außerordentlicher Gleichmäßigkeit liegen die in der Regel wenig mächtigen thonigen und kalkigen Horizonte übereinander, zu denen sich nur in einem Niveau des untersten Lias bedeutende Sandbildungen gesellen. Überall sind Ammoniten und etwas später neben ihnen Belemniten die dominierenden Formen, Brachiopoden und Krinoiden sind in Menge vorhanden, während Muscheln und Schnecken etwas zurücktreten und alle andern Abteilungen der wirbellosen Tiere nur eine ganz unbedeutende Rolle spielen. Die Fauna ist mit geringen Ausnahmen eine überaus eintönige, doch wird der Sammler dafür fast überall durch die große Häufigkeit und die prachtvolle Erhaltung der Fossilien entschädigt, welche beinahe allerorten beim Nachgraben in den meist weichen Gesteinen in Menge zu haben sind. Namentlich die prächtigen Ammoniten bilden wahre Zierden der Sammlungen, und so gilt der Lias in der Regel für eine außerordentlich reiche Bildung. Das ist er auch in der That vom Standpunkte des Sammlers aus, für denjenigen aber, welcher die Entwickelung des organischen Lebens studiert, steht die Sache ganz anders; in den im ganzen nur 100—300 m mächtigen Ablagerungen lassen sich nicht weniger als 16—17 aufeinander folgende Zonen unterscheiden, und infolgedessen kommen auf jede einzelne derselben nur verhältnismäßig wenige Formen, so daß wir, von den Cephalopoden und Brachiopoden abgesehen, die Fauna des Lias weniger kennen als diejenige irgend einer andern Abteilung des Jura oder der Kreideformation.

Um so regelmäßiger gelingt es bei der auffallend gleichen Faciesentwickelung des Lias in Mitteleuropa, die einzelnen Zonen überall wiederzufinden; ja, in dieser Richtung gibt es keine andre Ablagerung der Welt, welche gleich einfache und leichte Verhältnisse böte. In diesem Falle ist es geradezu die außerordentliche Einfachheit, welche schwer begreiflich erscheint. Bisweilen finden wir eine wenige Meter hohe Schicht in ganz gleicher Weise über fast

die ganze mitteleuropäische Provinz verbreitet und durch eine eigentümliche Ammonitenfauna charakterisiert, welche uns zwingt, dieselbe als selbständig entwickelte Zone zu betrachten.

Trotzdem gibt es im einzelnen manche abnorme Erscheinungen, und dazu gehört vor allen das Auftreten der tiefsten Liaszonen; in der untersten derselben stellen sich plötzlich

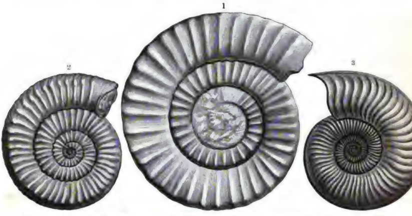


Ammoniten, aus dem untern Lias: 1., 2. Psiloceras planorbis. — 3., 4. Schlotheimia angulata. — 5., 6. Arietites spiratissimus. Vgl Text, S. 312.

Ammoniten aus der Gattung Psiloceras in großer Menge und fast unter Ausschluß aller andern Formen ein, Psiloceras planorbis ist die leitende Art. Mit der nächsten Abteilung verschwindet diese Gruppe vollständig, die Gattung Schlotheimia gelangt zur Alleinherrschaft in der Zone der Schlotheimia angulata, um dann ebenso rasch wieder vollständig durch die merkwürdigen Arietiten verdrängt zu werden, die nun in zahlloser

Digitized by Google

Formenmenge sich überall verbreiten und mit ihren mächtig gekielten, aus sehr zahlreichen Windungen bestehenden Gehäusen oft die Größe eines Wagenrades erreichen. Natürlich steht ein solches Verhältnis mit den Anforderungen der Abstammungslehre und auch mit unsrer Auffassung der Zonen wenigstens scheinbar in entschiedenstem Widerspruche, da wir in diesen Fällen die einzelnen Ammonitentypen ganz unvermittelt aufeinander folgen sehen. Allein eine weitere Umschau klärt dieses Rätsel in einfachster Weise auf; wenn wir nämlich die untersten Liasbildungen in den Alpen betrachten, so finden wir ganz andre Verhältnisse; schon in den tiefsten Lagen kommen hier Psiloceras und Schlotheimia nebeneinander vor, und es zeigen sich auch Zwischenformen zwischen beiden scheinbar so weit voneinander abweichenden Typen, und gleichzeitig läßt sich die allmähliche Entwickelung von Arietites aus Psiloceras nachweisen. In etwas höhern Schichten kommen dann Schlotheimia und Arietites in Menge nebeneinander vor, und zuletzt erhält allmählich die letztere Gattung das Übergewicht. Das ist eine Entwickelung, wie sie der Theorie genau entspricht, und die in Mitteleuropa auftretenden Abweichungen erklären sich sehr einfach in der Weise, daß auch die drei ältesten Liasfaunen daselbst nur als Einwanderer aus dem alpinen Bereiche auftreten, die der Reihe nach erscheinen und sich ausbreiten in dem Maße, als die Verhältnisse in dem neueröffneten Meeresbecken ihrem Fortkommen günstig werden. Die erste Einwanderung, diejenige von Psiloceras, zeigt sich den alpinen Verwandten gegenüber noch auffallend verkümmert, auch die Schlotheimien sind in Mitteleuropa durchschnittlich kleiner und dürftiger als in den Alpen, und erst mit dem Auftreten der Arietiten scheinen sich alle Lebensbedingungen für die marine Fauna normal gestaltet zu haben (s. Abbildung, S. 311).



Ammoniten des obern und mittlern Lias: 1. Aegoceras bipunctatum. — 2. Coeloceras crassum. — 3. Harpoceras radians. Vgl. Text, S. 313.

Aus der eintönigen Folge der ammonitenreichen Kalke, Mergel und Thone des Lias heben sich nur einige wenige abweichende Vorkommnisse hervor. So ist eine der tiefsten Zonen diejenige der Schlotheimia angulata, in den meisten Gegenden als ein Sandstein mit sehr zahlreichen Muscheln ausgebildet, der namentlich bei Hettingen, unweit Diedenhofen in Lothringen, durch die treffliche Erhaltung seiner Fossilien bemerkenswert ist. Von besonderm Interesse sind die schon früher erwähnten bituminösen Schiefer, welche durch die Menge ihrer Fisch- und Reptilreste ausgezeichnet sind; sie treten in zwei verschiedenen Horizonten auf, von

Digitized by Google

denen der ältere in der Oberregion des untern Lias, in der Zone des Pentacrinus tuberculatus, liegt, der andre an der Basis des obern Lias die Zonen des Harpoceras bifrons und des Coeloceras crassum (s. Abbildung, S. 312) umfaßt und wegen des überaus häufigen Vorkommens einer kleinen Muschel, der Posidonomya Bronni, Posidonomyen- oder Posidonienschiefer genannt wird. Der unterliasische Schieferhorizont ist auf dem Kontinente nur schwach entwickelt, tritt dagegen in England schön entfaltet auf und enthält hier neben zahlreichen Fischen und Ichthyosauriern namentlich sehr häufig die seltsamen langhalsigen Plesiosaurier. Weit verbreiteter sind die jüngern Posidonomyenschiefer, für welche namentlich das Vorkommen massenhafter Ichthyosaurier und der krokodilartigen Teleosaurier sehr charakteristisch ist.

Amaltheus margaritatus, aus mittlerm Lias.

Eine Schilderung der einzelnen Zonen und ihrer Leitfossilien würde hier nur wenig Interesse bieten; zwar wird jener Leser, der in einem Juradistrikte wohnt und hier die verschiedenen Fossilien zu sammeln Gelegenheit hat, einen Leitfaden wünschen, der in der Menge verschiedener Horizonte orientiert, allein eine solche Anleitung, die für eine Gegend paßt, würde schon für die nächste Region nicht zutreffen; es kann das nicht die Aufgabe eines allgemeinen Werkes über Geologie sein, sondern wer sich in dieser Hinsicht zu orientieren wünscht, der muß Lokalbeschreibungen zur Hand nehmen. Die Abbildungen auf S. 311—313 zeigen einige der wichtigsten Leitfossilien aus der Familie der Ammoniten, ferner die Gryphaea arcuata, welche im untersten Lias und namentlich in der Zone des Arietites Bucklandi fast überall zu Millionen vorkommt, und nach der diese Schicht bei den ältern Autoren als Gryphitenkalk bezeichnet wird.

Gryphaea arcuata, aus unterm Lias.

Der mittlere Jura oder Dogger, wegen der vorwiegend braunen Farbe seiner Gesteine in vielen Gegenden Mitteleuropas auch „brauner Jura“ genannt, zeigt in seinen untern Abteilungen noch manche Ähnlichkeit mit dem Lias und einförmige Ausbildung. In den meisten Regionen findet sich eine Menge von schönen Ammoniten, unter denen Stephanoceras besonders bezeichnend ist (s. Abbildung, S. 314), und zahlreiche Belemniten, die um die Mitte des Doggers in Belemnites giganteus den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreichen. Dazu gesellt sich als ein von nun an wichtiger Faktor die prachtvolle Muschelgattung Trigonia, die in einer Reihe von Arten, wie Trigonia navis (s. Abbildung, S. 26), costata (s. Abbildung, S. 281),

Digitized by Google

clavellata 2c., große Verbreitung erreicht. Je höher man in der Reihe der Schichten emporsteigt, um so mannigfaltiger wird die Entwickelung: an Korallen und Seeigeln reiche Ablagerungen treten auf, eine große Verschiedenheit mannigfaltiger Konchylien stellt sich ein, die namentlich in den oolithischen Gesteinen sich am schönsten ausgebildet zeigen. Überhaupt ist das Auftreten von Oolithen für den mittlern Jura sehr bezeichnend; es sind das Kalke, welche zahllose hier oft intensiv gelbbraune Kügelchen von schaligem Baue enthalten; namentlich der Oolith von Bayeux in der Normandie, der Unteroolith Englands, der dem obersten Dogger angehörige Großoolith von England und Frankreich zeichnen sich durch die Menge schöner Fossilien aus.

Der mittlere Jura zerfällt in zwei Hauptabteilungen, den Unteroolith und die Bathstufe (nach der englischen Stadt Bath so genannt). In der erstern Gruppe ist die Gleichartigkeit der Ablagerungen in verschiedenen Gegenden Mitteleuropas noch eine ziemlich große, und die einzelnen Glieder können noch leicht miteinander verglichen werden. In der

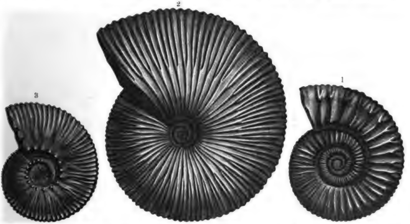
Mitteljurassische Ammoniten: 1. Harpoceras opalinum. — 2. Parkinsonia Parkinsoni. — 3. Stephanoceras Humphriesianum. Vgl. Text, S. 313.

Bathstufe dagegen ist die Verschiedenheit der Faciesgebilde eine bedeutende, so daß wir hier auf bedeutende Schwierigkeiten stoßen. Namentlich in England, wo dieselbe in außerordentlicher Entwickelung auftritt, machen sich hier die größten Differenzen geltend, weshalb man nicht weniger als sechs verschiedene, lokal sehr wichtige Unterabteilungen unterscheiden konnte, die aber in Wirklichkeit nur zwei aufeinander folgenden Ammonitenfaunen entsprechen. Es haben also hier, ohne daß allgemeine Verschiedenheiten der Gesamtfauna vorhanden wären, sehr bedeutende Veränderungen der äußern Verhältnisse stattgefunden, deren wahre Bedeutung nur durch die rationelle Untersuchung dieser Vorkommnisse zu verstehen möglich war. Als eine besonders interessante Ablagerung des obern Doggers in England sind die Schiefer von Stonesfield in Oxfordshire hervorzuheben, welche zwar in ihren marinen Konchylien von andern gleichalterigen Gebilden nicht wesentlich abweichen, jedoch durch das Auftreten von Landpflanzen, von Insektenresten, vor allem aber durch die in ziemlich beträchtlicher Zahl vorkommenden Säugetierkiefer ausgezeichnet sind.

Im obern Jura ist dann die Mannigfaltigkeit noch weit größer. Die unterste Abteilung allerdings, die Kellowaystufe (Callovien), enthält noch eine in ganz Mitteleuropa sich gleich bleibende Ammonitenfauna, zu der sich an den meisten Fundorten nur wenig andre Typen gesellen, während andre Faciesentwickelungen keine nennenswerte Bedeutung erreichen. Vor allem sind die ältesten Ablagerungen der Kellowaystufe durch das plötzliche

Digitized by Google

Auftreten einer Formengruppe ausgezeichnet, welche hier außerordentlich verbreitet und häufig ist, aber ebenso rasch wieder verschwindet, nachdem sie nur während der Dauer einer einzigen Zone sich heimisch gemacht hatte. Es ist das die Formengruppe des Stephanoceras macrocephalum oder die Untergattung Macrocephalites, deren Auftreten lange Zeit hindurch eine seltsame Anomalie bildete; heute kennen wir Formen in den Juraschichten Südamerikas, welche aller Wahrscheinlichkeit nach als die Vorläufer jener angesehen werden können, und wir wissen, daß die Gruppe in Indien sich bedeutend länger erhalten hat. Wir haben es also mit einer Einwanderung in das europäische Faunengebiet zu thun; infolge irgend welcher äußerer Verhältnisse erschienen diese Fremdlinge und breiteten sich rasch aus, konnten aber das okkupierte Gebiet nicht auf die Dauer behaupten.



Kelloway-Ammoniten: 1. Peltoceras athleta. — 2. Stephanoceras (Macrocephalites) macrocephalum. — 3. Cosmoceras Jason.

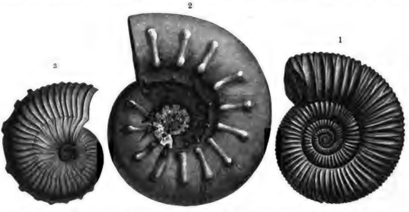
Die höhern Schichten der Kellowaystufe sind durch eine Ammonitenfauna charakterisiert, die durch die prächtigen, reichverzierten Formen der Gattungen Cosmoceras, Oppelia und Peltoceras ihren Charakter erhält, aber auch außerdem noch eine Menge andrer Typen führt. Man kann sagen, daß in diesen Ablagerungen, den sogenannten Ornatenschichten, die Ammonitenfauna des Jura die elegantesten und schönsten Formen hervorgebracht hat, die wir überhaupt kennen, und infolgedessen gehören diese Bildungen zu den Lieblingsgebieten der Sammler.

In den drei obern Abteilungen des obern Jura, der Oxford-, Kimmeridge- und Tithonstufe, erreicht die Mannigfaltigkeit der Ablagerungen in Mitteleuropa ihren Höhepunkt. Wohl enthalten die in tiefem Wasser abgelagerten Ammoniten- und Schwammschichten auch hier über weite Strecken sich gleich bleibende Faunen; unter den Ammonitiden spielen hier die Angehörigen der Gattung Perisphinctes mit weitem Nabel und sehr zahlreichen sich gabelnden Rippen die erste Rolle; außer ihnen ragen noch die reichverzierten Oppelien und die aufgeblasenen, unberippten, nur mit einzelnen Knotenreihen versehenen Aspidoceren hervor (s. die Abbildung oberjurassischer Ammoniten, S. 316). Neben den Cephalopodenschichten aber tritt eine Menge andrer Entwickelungsarten auf, Korallenkalke mit zahllosen prachtvollen Versteinerungen, unter denen Krinoiden und Seeigel (s. Abbildung von Glypticus hieroglyphicus, S. 316) hervorzuheben sind, Schichten mit zahllosen Muscheln

Digitized by Google

und Schnecken, wirbeltierreiche Schiefer, so daß hier oft auf die kürzesten Strecken gleichalterige Bildungen vollständig verschiedenen Charakter annehmen.

Der Grund dieser Erscheinung ist sehr leicht einzusehen; im Lias hatten wir fast allgemein Ablagerungen aus ziemlich tiefem Wasser mit gleichmäßig verbreiteter Fauna; gegen Ende des mittlern Jura wurde das Meer seichter, und damit tritt die reichere und ziemlich



Oberjurassische Ammoniten: 1. Perisphinctes Tiziani. — 2. Aspidoceras iphicerum. — 3. Oppelia Bachiana. Vgl. Text, S. 315.

wechselvolle Entfaltung der Schichten namentlich in der Bathstufe ein. Noch einmal wird das Meer tiefer, aber gegen Ende der Oxfordbildungen wird das Wasser wieder seichter, neben einzelnen tiefern Meeresteilen zeigen sich flache Becken, diese nehmen mehr und mehr überhand, und noch etwas vor Ende der Jurazeit zieht sich das Meer ganz aus Mitteleuropa zurück und hinterläßt zum großen Teile festes Land, während in andern Gebieten sich große Brackwasserseen erhalten.

Glypticus hieroglyphicus, aus den Korallenkalken der Schweiz. Vgl. Text, S. 315.

Gleichzeitig mit der Verminderung der Wasserbedeckung geht eine zweite, scheinbar widersprechende Erscheinung Hand in Hand, nämlich eine auffallende Abnahme der Zufuhr von Thon und Sand. Kalk und zwar meist ziemlich reiner Kalk wird das herrschende Gestein, thonige Gebilde kommen in größerer Ausdehnung nur in den nordwestlichen Gegenden, in Nordfrankreich und England, vor. Diese Erscheinung ist insofern eine unerwartete, als man mit der Abnahme der Wassertiefe eine Zunahme der Kontinente, ein Vorrücken der Küste und damit eine größere Menge von Sinkstoffen oder ihr weiteres Vordringen erwarten sollte. Wir werden jedoch sehen, daß um jene Zeit ein bis dahin vorhandener gewaltiger Kontinent östlich vom mitteleuropäischen Gebiete zum größten Teile vom Meere überflutet wurde, der bis dahin aller Wahrscheinlichkeit nach durch ausmündende Ströme große Mengen von mechanischen Sedimenten geliefert hatte.

Die Abnahme der Wassertiefe machte sich übrigens, wie das von vornherein zu erwarten war, nicht in ganz Mitteleuropa gleichzeitig in derselben Weise geltend; zuerst finden

wir die bestimmten Anzeichen der allmählich fortschreitenden Veränderung in den nördlicher gelegenen Gebieten, nämlich in Norddeutschland, in Nordfrankreich und England, fast gleichzeitig aber auch in einem großen Teile des Juragebirges, nämlich in der Westschweiz und im östlichen Frankreich, während in andern Gegenden von Frankreich südlich vom Zentralplateau, ferner in der östlichen Schweiz und im ganzen süddeutschen Verbreitungsgebiete Ablagerungen aus größerer Meerestiefe noch lange Zeit hindurch herrschend bleiben und erst gegen Ende der Kimmeridgestufe hier Korallenbänke und andre Seichtwasserbildungen auftreten.

Innerhalb der Ablagerungen aus geringer Tiefe kommen wieder, wie gewöhnlich, die auffallendsten Verschiedenheiten vor, je nachdem Sand, Thon, Mergel, Sandkalk oder Kalk das herrschende Gestein bildet oder Korallenentwickelung eintritt, und da die Abnahme des Wasserstandes in den verschiedenen Gegenden sich zu verschiedenen Zeiten deutlich fühlbar machte, so finden wir sehr ähnliche Gebilde der genannten Art in den verschiedensten Horizonten wieder. Auch heute sind wir noch nicht im stande, alle diese lokalen Vorkommnisse mit Sicherheit an der ihnen gebührenden Stelle einzureihen, in früherer Zeit aber gaben diese Verhältnisse Anlaß zu der größten Verwirrung, da man die gleich entwickelten Faciesgebilde auch für gleichalterig hielt und sie in einen und denselben Horizont zusammenfaßte. In Nordfrankreich und England, von wo das Studium dieser Ablagerungen seinen Ausgangspunkt nahm, findet man der Hauptsache nach zu unterst über den Kellowaybildungen eine thonig-kalkige Entwickelung häufig mit Ammoniten, die Oxfordstufe; dann folgen Korallenkalke (das sogenannte Korallien), dann thonig-mergelige Bildungen mit vielen Muscheln und Schnecken (Kimmeridgestufe) und endlich kalkig-sandige Schichten (Portlandstufe). Den Schluß der ganzen Juraentwickelung bilden dann die Brackwasserbildungen der Purbeckschichten, in welchen ein Gemenge von verkümmerten Marinformen mit Süßwassertypen stattfindet.

Auf dieses Schema suchte man nun die oberjurassischen Bildungen andrer Gegenden zurückzuführen, und namentlich waren es die stets leicht kenntlichen und durch ihre kompakten Kalkmassen meist schon landschaftlich hervortretenden Korallenschichten, welche dabei leiteten. Natürlich wurden nun in jenen Regionen, in welchen das Meer sich am längsten tief erhalten hatte und am spätesten seicht genug wurde, um das Fortkommen der Korallenriffe zu ermöglichen, die verschiedenen Schichten des obern Jura für älter gehalten, als sie in Wirklichkeit sind. Allmählich hat namentlich durch die Arbeiten von Oppel, Waagen, Mösch und vielen andern eine richtigere Auffassung Platz gegriffen; es war eine überaus mühevolle und schwierige Aufgabe, durch genaue Vergleichung der Fossilien, namentlich der Ammoniten, durch das Studium zahlreicher Profile und des Ineinandergreifens der verschiedenen Entwickelungsformen zu einer richtigen Auffassung zu gelangen, und in den letzten Jahrzehnten haben überaus langwierige Auseinandersetzungen über diesen Gegenstand stattgefunden. Zwar ist noch nicht ganz allgemein eine in den Hauptzügen gleichmäßige und richtige Ansicht zum Durchbruche gelangt, doch ist es nur eine geringe Minderzahl, welche mit Beharrlichkeit an den alten Irrtümern festhält.

Die entscheidenden Beweise hat der östliche Teil des Schweizer Jura, namentlich die Entwickelung in den Kantonen Aargau und Solothurn, geliefert; der Durchschnitt von Oberbuchsiten hat vor allem große Berühmtheit erlangt und ist in neuerer Zeit von ganzen Scharen von Geologen besucht worden, die sich von der Richtigkeit der über diese klassische Lokalität gemachten Angaben überzeugen wollten. Hier finden sich nämlich Korallenbildungen, welche dem Alter nach mit den ältesten korallenführenden Ablagerungen Nordfrankreichs übereinstimmen; sie ruhen hier auf ammonitenreichen Schichten und werden von solchen gleichmäßig wieder bedeckt, und endlich sieht man dieselben in ihrer horizontalen

Fortsetzung gegen Osten allmählich in Ammonitenschichten übergehen. Man erhält dadurch nachstehende Aufeinanderfolge:

Solothurn.	Aargau.
Zone der Oppelia tenuilobata.	Zone der Oppelia tenuilobata.
Korallenablagerungen.	Zone des Peltoceras bimammatum.
Zone des Peltoceras transversarium.	Zone des Peltoceras transversarium.

Damit ist in erster Linie bewiesen, daß die ältesten und am mächtigsten entwickelten Korallenbildungen des Schweizer Jura, Nordfrankreichs und Englands gleichzeitig mit den dem obern Oxfordien angehörigen Ammonitenschichten der Zone des Peltoceras bimammatum sind, und daß die Zone der Oppelia tenuilobata, welche man für älter als alle Korallenschichten gehalten hatte, in der That jünger ist als ein Teil von diesen. Sucht man dagegen in Süddeutschland das Lager der dortigen Korallenschichten von Nattheim in Württemberg und von Kelheim an der Donau auf, so findet man, daß diese hoch über den Tenuilobatenschichten liegen, und damit ist unwiderleglich dargethan, daß eine zeitlich einheitliche Korallenstufe, ein Korallien, in diesem Sinne nicht existiert, und daß alle auf diese Voraussetzung gegründeten Gliederungsversuche durchaus falsch sind.

Wir gehen nicht in die Einzelheiten der Gliederung des obern Jura ein, welche in den wichtigsten Zügen auf der nebenstehenden Tabelle angegeben sind; natürlich kann dieselbe nicht die ungeheure Menge lokaler Glieder enthalten, sie müßte sonst ungefähr den zehnfachen Umfang annehmen, aus jedem Gebiete sind vielmehr nur die wichtigsten und verbreitetsten Vorkommnisse hervorgehoben. Das eine Extrem bildet die Entwickelung im nordwestlichen Deutschland, wo nur die unterste Zone der Oxfordstufe in Ammonitenfacies entwickelt zu sein scheint und alle höhern Schichten teils Korallenablagerungen, teils andre Seichtwasserbildungen sind. Das entgegengesetzte Verhalten finden wir in Süddeutschland; hier ist die ganze Oxford- und die untere Hälfte der Kimmeridgestufe in Form von Ammoniten- und Schwammkalken entwickelt, und erst in den obern Kimmeridgebildungen macht sich die Nähe der Küste und die geringe Tiefe des Meeres fühlbar. Die Korallenkalke von Nattheim, die undeutlich geschichteten Kalke und Dolomite, welchen Cephalopoden in der Regel fehlen, müssen in seichtem Wasser entstanden sein. Auch im untern Tithon dauern die Korallenbildungen stellenweise noch fort, daneben aber tritt, abgesehen von manchen minder wichtigen Vorkommnissen, hier das interessanteste Juragebilde auf, das wir überhaupt kennen, der schon oben besprochene Solnhofener Schiefer. Schon in der Gesteinsbeschaffenheit verrät sich eine gewisse Abweichung vom normalen Typus, indem sehr reine marine Kalke in der Regel nicht geschiefert sind, und es wird dadurch die Vermutung nahegelegt, daß das Material hier nicht, wie bei andern Kalken, durch Organismen, durch die Schalen von Foraminiferen, Mollusken, Kalkalgen 2c., gebildet, sondern als feiner Kalkschlamm von einem benachbarten festen Lande herbeigebracht sei. In der That wird diese Annahme durch die Beobachtung gestützt, daß in sehr vielen Fällen die lithographischen Schiefer den ältern Juragesteinen nicht gleichmäßig aufgelagert sind, sondern in Becken liegen, welche von Höhen der Kimmeridgekalke und Dolomite eingesäumt werden. In solchen Buchten, die nicht in ganz freier Kommunikation mit dem offenen Meere stehen, kann sich der mitgeführte Kalkschlamm erhalten, ohne vom Meerwasser aufgelöst zu werden. Es wird dies um so mehr der Fall gewesen sein, als das Wasser überaus seicht war, wie man aus dem Umstande schließen kann, daß man Fußfährten von Landtieren auf der Oberfläche der Solnhofener Schieferplatten gefunden hat.

In dem ganzen süddeutschen Juragebiete ist ein allerdings sehr sanftes und kaum merkliches Einfallen der Schichten gegen Süden und Südosten bemerkbar, welches sehr wahrscheinlich mit einer ursprünglichen Neigung des Meeresbodens in Zusammenhang steht. Bei

Der obere Jura (mit Ausschluß der Kellowaystufe) in Mitteleuropa.

		Süddeutschland	Ostschweiz	Westschweiz und südl. Frankreich	Nordfrankreich	England	Nordwest-Deutschland
Tithonstufe	Zone des Perisphinctes transitorius	Fehlt	Fehlt	Purbeckschichten	Fehlt	Purbeckschichten	Purbeckschichten (Serpulit ꝛc.)
	Zone des Aspidoceras cyclotum	Solnhofener Schiefer und Plattenkalke, Korallenkalke von Kelheim	Plattenkalke	Portlandkalke zum Teil	Oberes Portlandien	Kalk und Sand v. Portland	Eimbeckhäuser Plattenkalk
Kimmeridgestufe	Zone des Hoplites Eudoxus	Schichten mit Hoplites Eudoxus Korallenkalk von Nattheim Felsenkalke Württembergs Frankendolomit	Wettinger Schichten	Kalke mit Terebratula janitor von Crussol Schichten mit Exogyra virgula Pteroceras-Schichten Korallenkalke v. Valfin ꝛc.	Mittleres und unteres Portlandien Schichten mit Exogyra virgula Pteroceras-Schichten	Kimmeridgethon, oberer Teil	Schichten mit Olcostephanus gigas Schichten mit Exogyra virgula Pteroceras-Schichten Schichten mit Nerinea obtusa
	Zone der Oppelia tenuilobata	Ammoniten und Schwammfacies	Ammoniten- u. Schwammfacies, in Astartekalke übergehend	Astartekalke / Ammoniten- u. Schwammfacies	Astartien und obere Korallenkalke (Tonnerre ꝛc.)	Kimmeridgethon, unterer Teil	Nerineenschichten Schichten mit Terebratula humeralis
Oxfordstufe	Zone des Peltoceras bimammatum	Ammoniten- u. Schwammfacies	Korallen- und Kieselkalkfacies, in die Ammonitenfacies übergehend Myacitenmergel	Korallenkalk Myacitenmergel	Untere Korallenkalke	Upper calcareous Grit Korallenoolith	Korallenoolith
	Zone des Peltoceras transversarium	Ammonitenfacies	Ammoniten- u. Schwammfacies	Myacitenmergel? / Ammonitenschichten	Oxfordthon	? Lower calcareous Grit Oxfordthon	
	Zone des Aspidoceras perarmatum	Ammonitenfacies	Ammonitenfacies	Ammonitenfacies	Oxfordthon	Oxfordthon	Hersumer Schichten (Ammonitenfacies)

Kellowaystufe

einer Trockenlegung des ursprünglichen Meeresbodens mußten also die nördlichen Regionen zuerst emportauchen und das Meer allmählich nach Süden zurückweichen. Es lag also gegen Norden ein weites Land, aus damals sehr jungen, teilweise noch wenig erhärteten Kalkschichten bestehend, von welchem die Flüsse das Material für die Bildung der Solnhofener

Schiefer herbeibrachten. Ob etwa Verhältnisse, wie wir sie heute in den Lagunen der Barrierriffe finden, dabei mitwirkten, das ist eine Frage, auf die wir nicht weiter eingehen wollen. In diesen Wassern lebten Fische, Reptilien, Krebse, wenige Mollusken, einige Seeigel, zahlreiche ungestielte Krinoiden, Seesterne, Würmer, Quallen; strandbewohnende Landtiere wateten umher, und fliegende Tiere, Vögel, Pterodaktylen, Insekten wurden vom Winde ins Wasser getrieben. Daß von diesen Formen selbst die zartesten Abdrücke sich erhielten, wäre bei einem gewöhnlichen Kalksedimente unmöglich, das vorwiegend aus Tierschalen und ihren Trümmern entsteht; es weisen diese Vorkommnisse auf viel zartere Beschaffenheit des Niederschlages, auf einen aus der Trübung kalkiger Flüsse herrührenden Kalkschlamm hin.

In Süddeutschland und überhaupt in dem größten Teile von Mitteleuropa fand nun vollständiger Rückzug des Meeres statt, die oberste Zone des Jura ist in den meisten Gegenden nicht vertreten; nur in England, in Norddeutschland, an einigen Punkten im Juragebirge, spurenweise vielleicht auch in Nordfrankreich treten Binnenablagerungen, die sogenannten Purbeckschichten, auf. Es sind das weder reine Meeresbildungen noch echte Süßwasserablagerungen, sie stammen aus Brackwasserbecken mit schwach gesalzenem Wasser, in welchem verkümmerte Überreste der marinen Jurafaunen, namentlich kleine Muscheln, Schnecken, Ringelwürmer und vereinzelte Seeigel, zusammen mit Binnenkonchylien vorkommen. Soweit die Formen marinen Gattungen angehören, stimmen sie zum größten Teile mit solchen der Kimmeridge- und Portlandbildungen überein. Dazu gesellen sich dann verschiedene Süßwasserkonchylien und namentlich in England außerordentlich interessante Überreste von Reptilien und Säugetieren.

Der Jura schließt mit den Purbeckschichten ab, aber in unmittelbarstem Zusammenhange mit demselben stehen andre Binnenablagerungen, die sogenannten Wealdenbildungen, welche in Norddeutschland, namentlich am Deister südlich von Hannover, ferner in Belgien und im südwestlichen England außerordentlich entwickelt sind. Mit absoluter Sicherheit läßt sich nachweisen, daß diese Gebilde gleichzeitig mit den tiefsten Marinablagerungen der Kreideformation entstanden sind; aber sie enthalten zahlreiche Arten, welche aus dem Jura unverändert heraufreichen. So verhält es sich nach den schönen Untersuchungen von Struckmann mit den Wealdenschichten der Umgebung von Hannover, und niemand würde daran zweifeln, daß sie noch zu der Juraformation gehören, wenn sie nicht stellenweise die tiefsten marinen Glieder der Kreideformation, das untere und mittlere Neokom, ersetzen würden, ja nach Judd und G. Böhm in Norddeutschland wie in England Bänke von marinem Neokom eingelagert enthielten. Wir werden bei Besprechung der Kreideformation noch auf diese merkwürdigen Vorkommnisse zurückgreifen; hier liegt für uns die Bedeutung derselben in der Thatsache, daß sie uns wieder einmal die vollständig zusammenhängende und ununterbrochene Entwickelung an der Grenze zweier Formationen unwiderleglich darthun.

Während wir hier gegen Ende der Juraformation eine bedeutende Veränderung in der Verteilung von Wasser und Land vor sich gehen sehen, durch welche das mitteleuropäische Gebiet trocken gelegt wird, haben andre Verschiebungen entgegengesetzter Art schon früher während der Dauer des Jura stattgefunden. Der Lias ist zwar in ganz Westeuropa vorhanden, er fehlt aber in den östlicher gelegenen Teilen der mitteleuropäischen Provinz; in Norddeutschland ist der östlichste Liaspunkt, den wir kennen, Kammin an der Ostsee, wo eine Tiefbohrung dessen Anwesenheit verraten hat; weiter nach Osten fehlt derselbe sowohl unter den wenigen isolierten Punkten, wo man anstehenden Jura kennt, als auch unter jenen zahlreichen Geschieben des Diluviallehmes, welche die letzten Reste einer durch Erosion zerstörten Juraablagerung darstellen. In Süddeutschland fehlt der Lias schon bei Regensburg und Passau, und ebensowenig ist er in den jurassischen Partien in Sachsen und

Nordböhmen, im außerkarpathischen Teile von Mähren, in der Umgebung von Krakau und den anstoßenden Teilen von Russisch-Polen vorhanden. In allen diesen Gebieten liegt irgend ein Glied des mittlern oder obern Jura übergreifend auf bedeutend ältern Schichten, und dann folgen die jüngern Ablagerungen in regelmäßiger Folge.

Als Typus mag Oberschlesien und die Umgebung von Krakau dienen. Hier fehlen der Lias und die tiefsten Zonen des mittlern Jura, und die Schichtfolge beginnt mit braunen Sanden, welche dem untern Teile des mittlern Jura angehören; dann folgen Thone, welche die Zonen der Parkinsonia Parkinsoni und der Parkinsonia ferruginea repräsentieren; darüber stellen sich nicht sehr mächtige gelbbraune Oolithe mit einer reichen Fauna von Ammoniten, Schnecken, Muscheln, Brachiopoden, Bryozoen, Seeigeln und Korallen ein, welche den obern Teil der Bathstufe und die ganze Kellowaystufe umfassen, und endlich mächtige, reichgegliederte, helle Kalke, welche der Oxfordstufe angehören. Diese Schichten sind aber durchaus nicht an allen Orten vorhanden, sondern sehr häufig fehlen die untersten Glieder ganz oder teilweise, so daß an verschiedenen Punkten bald die eine, bald die andre Schicht unmittelbar auf vorjurassischen Ablagerungen ruht.

Analoge Erscheinungen wiederholen sich auch noch weiterhin im östlichsten Teile der mitteleuropäischen Provinz, indem in Podolien im Thale des Dnjestr bei Niznioow sehr fossilreiche Kalkablagerungen der Kimmeridgestufe, deren Fauna Alth beschrieben hat, auf altpaläozoischen Gesteinen lagern, und sehr nahe übereinstimmende Kalke treten sogar noch viel weiter im Osten, in Südrußland bei Isjum am Donez und am Bogdoberge an der untern Wolga, auf. In allen diesen Gegenden fehlt also der Lias, und der Jura beginnt mit irgend einem Gliede der mittlern oder obern Abteilung.

Eine so weitverbreitete aber diese Erscheinung auch im östlichen Teile der mitteleuropäischen Region ist, so ist dies doch nur ein verschwindend kleiner Teil eines Phänomens, das uns in andern Juraprovinzen im riesigsten Maßstabe entgegentritt. Abgesehen vom Kaukasus, ist im ganzen europäischen und asiatischen Rußland, in Kleinasien, Syrien, in der indischen Halbinsel, auf Spitzbergen, Nowaja Semlja und im nordwestlichsten Nordamerika keine Spur von marinem Lias bekannt, während höhere Juraschichten in allen diesen Gegenden übergreifend auftreten und namentlich im europäischen Rußland und in Sibirien über ungeheure Strecken verbreitet sind. Offenbar waren alle diese Regionen bei Beginn des Jura, während des ganzen Lias und eines Teiles des mittlern Jura Festland; dann griff das Meer langsam um sich, und im Verlaufe der zweiten Hälfte des mittlern, stellenweise wohl auch erst während des obern Jura wurden diese ungeheuern Gebiete überflutet. Es ist das eine der großartigsten Verschiebungen in dem Verhältnisse zwischen Land und Meer, die wir in der ganzen Erdgeschichte überhaupt kennen, eine Veränderung, welche die geographischen Verhältnisse des ganzen Erdkreises beeinflussen mußte.

Wir können uns jetzt auch sehr einfach erklären, warum in der Zeit des obern Jura eine so gewaltige Abnahme der Zufuhr an mechanischem Sedimente in Mitteleuropa stattfand, obwohl der Wasserspiegel im Sinken begriffen war. Während der ersten Hälfte des Jura grenzte im Osten an die mitteleuropäische Provinz ein riesiger Ostkontinent, der, nach den heutigen geographischen Bezeichnungen gesprochen, vom Westrande des Fichtelgebirges bis an den Stillen Ozean reichte, ja mit dem vielleicht sogar das heutige Australien und der größte Teil von Afrika zusammenhingen. Wir können als sicher voraussetzen, daß am Westrande dieser gewaltigen Landmasse große Ströme ihre schlammbeladenen Wasser in das mitteleuropäische Meer wälzten und es mit Sedimenten erfüllten. Mit dem Untertauchen jener Festländer aber hörte natürlich diese Zufuhr auf, und damit mußte auch ein Dominieren der Kalkbildungen eintreten.

Der alpine Jura.

Ganz andre Verhältnisse finden wir, wenn wir uns den Ablagerungen der alpinen Region zuwenden. Als den wichtigsten Unterschied Mitteleuropa gegenüber haben wir schon das Vorkommen gewisser Gattungen, wie Phylloceras, Lytoceras, Haploceras und Simoceras, unter den Ammoniten kennen gelernt, welche unabhängig von den Faciesverhältnissen in fast allen Ammonitenschichten dieser südeuropäischen Region auftreten und hier in fortlaufenden Formenreihen entwickelt sind, während sie in die mitteleuropäischen Bildungen nur als Fremdlinge in sporadischen Arten eindringen. Zwar werden einzelne derselben hier häufig, aber sie siedeln sich nie auf die Dauer an, bringen es nie zu einer autochthonen Entwickelung, sie verschwinden immer bald wieder, um etwas später in ganz andern Typen wieder einzuwandern. Besonders bezeichnend ist dabei, daß ein großer Teil dieser Kolonisten sich durchaus nicht über die ganze mitteleuropäische Provinz ausbreitet, sondern nur den südlichsten Rand derselben erreicht und hier in Schwaben, im Krakauer Gebiete, im Schweizer Jura oder im Rhônebecken erscheint, ohne weiter nach Norden vorzudringen.

Allein neben diesen wesentlich bestimmenden kommen auch andre sehr auffallende, aber weniger wichtige, man könnte fast sagen zufällige, Unterschiede vor. Ein solcher ist darin gegeben, daß gewisse Faciesentwickelungen ziemlich ausschließlich auf die alpine Provinz beschränkt sind, ohne in derselben jedoch allgemein verbreitet zu sein. Dahin gehört z. B. die Ausbildung in Form roter Ammonitenkalke, welche in den Ostalpen, in den Apenninen, den Karpathen und in Spanien zahlreich vorkommen, den Westalpen dagegen fehlen. Wir haben diese Gesteine, die den roten Orthocerenkalken des Silur sehr nahe stehen, bei einer frühern Gelegenheit eingehend besprochen und in denselben Ablagerungen aus sehr großen Meerestiefen erkannt. Man hat aus dem Vorkommen dieser und andrer Tiefseebildungen in der alpinen Region den Schluß zu ziehen versucht, daß der Unterschied zwischen alpinem und mitteleuropäischem Typus ausschließlich auf dem Vorhandensein seichtern Wassers in dem außeralpinen Areale beruhe, allein mit Unrecht, wie schon aus dem Vorkommen alpiner Korallenriffe und andrer Seichtwasserbildungen mit alpiner Cephalopodenfauna, mit Phylloceras und Lytoceras, hervorgeht.

Eine andre derartige Facies ist die sogenannte Hierlatzfacies, nach dem Hierlatzberge im Salzkammergute so genannt, wo die Oberregion des untern Lias diese Entwickelungsform in ausgezeichnetster Weise aufweist. Es sind das weiße oder lichtrote, ziemlich kristallinische, sehr reine Kalke, welche oft in ungeheurer Menge Brachiopoden von teilweise ziemlich eigentümlichem Typus, Ammoniten von geringer Größe, häufig auch reichverzierte, aber nicht sehr dickschalige Schnecken und Muscheln enthält. Oft tritt die Schichtung in diesen Ablagerungen ganz zurück oder wird sehr undeutlich, sie bilden oft Ausfüllungen lokaler Einsenkungen im ältern Gebirge und nur selten gleichmäßig über größere Strecken sich ausbreitende Lager, ja sie zeigen entschiedene Hinneigung zum Vorkommen in einzelnen Nestern. In den Alpen finden sie sich vorwiegend auf den aus Kalken der obersten Trias bestehenden Hochplateaus. Es ist nicht ganz leicht, sich von den Verhältnissen Rechenschaft zu geben, unter welchen diese Ablagerungen entstanden sind. Während das Auftreten von gerollten Kalkstücken und die unregelmäßige Schichtbildung an eine Entstehung in seichtem, küstennahem Wasser denken lassen, spricht die Reinheit der Kalke und ihre Struktur ebenso entschieden gegen eine solche Annahme wie die oben geschilderte Zusammensetzung der Fauna. Es ist am wahrscheinlichsten, daß man es mit Ablagerungen aus mäßig tiefem Wasser zu thun habe, die sich im Bereiche sehr starker Meeresströmungen bildeten; diese letztern trieben das Material fort und gestatteten nur stellenweise an geschützten Stellen dessen Ansammlungen in größern Massen.

Ähnliche Schwierigkeiten macht die Erklärung einer andern der alpinen Region eigentümlichen Entwickelungsform, welche in großer Verbreitung auftritt, nämlich der sogenannten Aptychenschichten. Es sind das sehr mächtige, meist dünnschichtige, oft sogar geschieferte Kalke von weißlichgrauer, oft auch roter oder bunter Färbung, welche von Versteinerungen fast nichts als die sogenannten Aptychen, jene rätselhaften festen Kalkstücke der Ammoniten, enthalten; auch diese sind an den meisten Orten selten, fehlen streckenweise ganz, finden sich aber an einzelnen Stellen häufig, ja sogar in Menge. In manchen Gegenden der Alpen und Karpathen vertreten die gewaltigen Massen dieser Kalke in einem einheitlichen, ungegliederten oder nur in sehr wenige Unterabteilungen zerlegbaren Komplexe den ganzen mittlern und obern Jura und oft auch noch die untere Kreide. Das Vorkommen der Aptychen ohne die dazu gehörigen Ammonitengehäuse erschien stets sehr eigentümlich und hat die mannigfaltigsten Erklärungsversuche hervorgerufen. Man griff zu der wohl unhaltbaren Hypothese von nackten, aber mit Aptychen versehenen Cephalopoden oder glaubte die Schichten als Tiefseebildungen betrachten zu können, in welchen die nach dem Tode aus dem Gehäuse herausgefallenen Ammonitentiere mit den schweren Aptychen zu Boden sanken, während die mit Luft gefüllten Schalen fortschwammen und etwa an einer fernen Küste strandeten. Auch diese letztere Hypothese ist nicht ausreichend; es ist kein Grund vorhanden, warum ein solcher Vorgang gerade nur in besonders tiefen Meeresteilen hätte stattfinden sollen, da eine solche Trennung von Schale und Tier große Tiefe des Wassers nicht erfordert und wir anderseits auch Tiefseebildungen mit Ammonitengehäusen kennen. Es muß noch ein weiterer Faktor bei der Entstehung dieser merkwürdigen Ablagerungen gewirkt haben und zwar aller Wahrscheinlichkeit nach auch in diesem Falle die Meeresströmungen. Wo solche nicht oder nur schwach thätig waren, werden auch die Ammonitenschalen nach einiger Zeit auf den Grund gesunken sein, während kräftige Strömungen dieselben entführten, ehe das Meerwasser in die Luftkammern eindrang.

Neben diesen Faciesausbildungen, welche von allem abweichen, was wir in Mitteleuropa kennen gelernt haben, treten andre auf, die viel mehr Ähnlichkeit mit jenen bekannten Vorkommnissen zeigen. So finden wir mergelige Kalke und Schieferthone mit Ammoniten, oolithische Gesteine, Korallenkalke, wie sie ebensogut auch in Süddeutschland oder in Frankreich vorkommen, doch sind diese Gebilde entschieden in der Minderzahl. Im Durchschnitte können wir die alpinen Ablagerungen als Bildungen aus tieferm Wasser, aus einem mit weit intensivern Strömungen ausgestatteten Meere und aus einer Region bezeichnen, welche weit weniger Zufuhr an mechanischem Sedimente, an Thonschlamm und Sand erhielt, also im allgemeinen den Küsten größerer Landmassen fern lag.

Eine andre Eigentümlichkeit des alpinen Jura, für welche wir noch gar keine Erklärung geben können, ist dessen außerordentliche Lückenhaftigkeit, die sich im mittlern und obern Teile der Formation geltend macht. Im ganzen mittlern und obern Jura sind es nur drei Zonen, welche allgemein verbreitet und durch ihre Fossilien deutlich charakterisiert vorkommen, nämlich die Zone des Cosmoceras ferrugineum oder der untere Horizont der Bathstufe, der untere Teil der Kimmeridgestufe (Zone der Oppelia tenuilobata) und das untere Tithon. Die übrigen Zonen sind zwar der großen Mehrzahl nach die eine an dieser, die andre an jener Lokalität nachgewiesen, und es kann kaum einem Zweifel unterliegen, daß man auch die fehlenden mit dem Fortschreiten unsrer Kenntnis der alpinen Region noch an irgend einem Punkte finden wird. Aber alle einzelnen Profile sind im allerhöchsten Grade arm an aufeinander folgenden Gliedern, wenn wir sie mit außeralpinen Vorkommnissen vergleichen, und die meisten Jurazonen in der alpinen Region sind nur von wenigen isolierten Lokalitäten oder im besten Falle aus einigen beschränkten Gebieten bekannt.

Man war rasch mit der Folgerung zur Hand, daß die Zonen nur ganz eng begrenzte lokale Bedeutung haben, daß man überhaupt nicht erwarten könne, sie in einiger Entfernung wiederzufinden. Allein eine solche Auffassung ist vollständig unbegründet; sie wäre zutreffend, wenn es sich nur um das Fehlen einzelner Schichtgebilde handeln würde. Aber die Sache gestaltet sich hier ganz anders, da mit der geringen Anzahl der Horizonte auch die paläontologische Entwickelung eine lückenhafte wird und die Glieder der einzelnen Formenreihen fehlen. Wir haben es auch mit einer lückenhaften zoologischen Entwickelung zu thun, und daraus geht hervor, daß auch die alpine Schichtfolge in der That eine unvollständige ist. Auch die Annahme, daß sich etwa die Fauna im mitteleuropäischen Becken kontinuierlich entwickelt habe und die alpinen Vorkommnisse nur einzelne Einwanderungen von jenen aus darstellen, ist durchaus unhaltbar. Es ist z. B. durchaus nicht möglich, auf diese Weise ein vereinzeltes Vorkommen der Zone des Stephanoceras macrocephalum in Sizilien zu erklären, da dieselbe in der ganzen italienischen Halbinsel und in den Südalpen nicht vertreten ist. Ferner spricht dagegen das Vorkommen der spezifisch alpinen Gattungen, wie Phylloceras und Lytoceras, die sich doch in diesem Gebiete in fortlaufender Reihenfolge entwickelt haben müssen. Überdies sind ja gerade die dominierenden Formen, die Ammoniten, in ihrem Vorkommen nicht lokal beschränkt, sondern sie gehören zu den schwimmenden Tieren mit rascher Ortsbewegung, die sich stets unter günstigen Faciesverhältnissen sehr weit verbreiten. Durch alle diese Thatsachen sehen wir uns mit zwingender Logik zu dem Schlusse geführt, daß die Faunen jener Zonen, welche wir in der alpinen Region nur vereinzelt an wenigen Punkten finden, in Wirklichkeit über das ganze Gebiet verbreitet waren, daß sich aber in dem größten Teile desselben aus irgend einem uns unbekannten Grunde lange Zeiträume hindurch keine Ablagerungen bildeten. Warum dies sich so gestaltete, wissen wir nicht. Es liegt allerdings der Gedanke nahe, diese Erscheinung mit dem Vorhandensein starker Meeresströmungen in Zusammenhang zu bringen. Ebenso verdient berücksichtigt zu werden, daß nach dem Auftreten der roten Ammonitenkalke in einem bedeutenden Teile der alpinen Provinz die Meerestiefe sehr nahe jener Grenze war, bei welcher der sich ablagernde kohlensaure Kalk der Organismen vom Wasser wieder aufgelöst wird. Es konnte bei zeitweise zunehmender Wasserbedeckung die Tiefe eine so bedeutende werden, daß wirklich diese Grenze überschritten und das Kalksediment aufgelöst wurde, so daß nur roter Tiefseethon zurückblieb, und ein dünner Beleg roter Letten zwischen zwei kalkigen Schichten mag das einzige sein, was sich während eines langen Zeitraumes niederschlug. Allein ein sicherer Beweis für die Richtigkeit der einen oder der andern Deutung existiert nicht, es sind einfache Möglichkeiten, die wir unterstellen, aber nicht als die richtige Erklärung der Lücken mit Bestimmtheit bezeichnen können.

Unter diesen Umständen ist es begreiflich, daß das Studium und die Entzifferung des alpinen Jura außerordentliche Schwierigkeiten bot; ja, zu einer vollkommen befriedigenden Gliederung desselben zu gelangen, wäre kaum möglich gewesen ohne die Anhaltspunkte, welche der Vergleich mit dem genau studierten außeralpinen Jura gewährt. In erster Linie liegt ein bedeutendes Hindernis für die Deutung in dem oft ganz isolierten Auftreten einzelner eigentümlicher Vorkommnisse, die man nirgends in normalen Profilen gefunden hat, und deren Einreihung nur durch das Auffinden paläontologischer Analogien in der vollständigen mitteleuropäischen Serie möglich wird. Eine zweite Schwierigkeit, die sich namentlich anfangs dem richtigen Verständnisse entgegenstellte, lag darin, daß man die einzelnen auffallenden Entwickelungsformen nicht als das, was sie sind, als übereinstimmende Facies verschiedener Horizonte, sondern als selbständige Stufen ansah. Es wurden also alle roten Ammonitenkalke, alle in der Hierlatzfacies auftretenden Gebilde als gleichzeitig betrachtet, und dadurch entstand die Meinung, daß Vergesellschaftung und Aufeinanderfolge der Fossilien

in der alpinen Region eine ganz andre sei als außerhalb derselben. Eingehende Untersuchungen haben allerdings zu einer richtigern Auffassung geführt, aber trotzdem gibt es noch immer eine Anzahl von Vorkommnissen, die wir nicht mit Sicherheit beurteilen können.

Der Lias zeigt sich im größten Teile des Gebietes in ausgezeichneter Entwickelung, und namentlich die östlichen Alpen und Italien haben eine Fülle von Versteinerungen geliefert. Schon bei Besprechung der außeralpinen Vorkommnisse wurde erwähnt, daß in den letztern eine sehr eintönige Fauna herrscht, indem nur einzelne Typen aus der weit mannigfaltiger bevölkerten alpinen Region einwanderten. In der That finden wir hier an manchen Punkten, im Zlambach- und Schreinbachgraben im Salzkammergute, auf dem Pfonsjoche bei der Pertisau am Achensee in Tirol, bei Spezia in Italien, einen überraschenden Reichtum der verschiedensten Ammoniten, Sizilien hat eine Unzahl von Muscheln und Schnecken geliefert, während Strandbildungen mit uferbewohnenden Konchylien, mit eingeschwemmten Landpflanzen und Kohlenflözen am Südrande der böhmischen Masse, auf der Grenze zwischen Ober- und Niederösterreich, auftreten (Grestener Schichten). In den höhern Teilen des Lias ist die Entwickelung in Form roter Ammonitenkalke, der sogenannten Adnether (von Adneth bei Hallein) Schichten, am verbreitetsten. Diese roten Marmorlagen, welche ein herrliches Baumaterial liefern, treten in den verschiedensten Horizonten auf, welche wieder an andern Punkten in Form mergeliger Kalke und Schiefer, der sogenannten Fleckenmergel, entwickelt sind. In der obern Hälfte des untern Lias und im mittlern Lias herrscht dann auch vielfach die Hierlatzfacies, welche in ihren weißen oder rötlichen, etwas kristallinischen Kalken oft ganze Scharen zierlicher kleiner Ammoniten und Brachiopoden oder reichverzierter Schnecken birgt. Eine abweichende Entwickelung bedingt eine ziemlich große Insel, welche damals offenbar im nordwestlichen Teile jenes Gebietes vorhanden war, welches heute die Balkanhalbinsel einnimmt. Küstenbildungen mit vielen Muscheln und eingeschwemmten Landpflanzen in Südtirol und Venetien, ähnliche Ablagerungen in Kroatien, Kohlenflöze bei Fünfkirchen im südlichen Ungarn und bei Versaska im Banate bezeichnen uns die Lage dieser ehemaligen Insel, von welcher die Materialien für die Bildung der eben genannten Ablagerungen offenbar herstammen.

Auffallend ärmlich ist im alpinen Gebiete der mittlere Jura vertreten; die tiefsten Schichten desselben, die Ablagerungen mit Harpoceras Murchisonae und opalinum und die in die höchsten Teile des mittlern Jura gehörenden Klausschichten, zeigen sich an einer beträchtlichen Anzahl von Punkten, die übrigen Horizonte finden sich nur sehr spärlich in einzelnen Stellen angedeutet. Ähnlich verhält es sich mit den tiefern Partien des obern Jura, und erst die höhern Teile der letztern Abteilung finden sich wieder in großer Verbreitung und sehr reichlich vertreten in den meisten alpinen Distrikten. Es sind dies Ablagerungen der Kimmeridge- und der Tithonstufe, welche meist in Form von Ammoniten- oder Aptychenkalken, bisweilen aber auch als Korallenriffe oder in andrer Entwickelung vorkommen. Lange Zeit hindurch war die Bedeutung dieser Ablagerungen verkannt, bis dieselben durch die Arbeiten von Benecke und Oppel richtig gedeutet wurden. Es zeigte sich nun, daß in der alpinen Region ammonitenreiche Vorkommnisse für alle einzelnen Ablagerungen des obersten Jura nachgewiesen werden können, und da auch die untersten Horizonte der Kreideformation hier in derselben Facies entwickelt sind, so konnte eine vollständig ununterbrochene und lückenlose Reihenfolge hergestellt werden, welche beide Formationen miteinander verbindet, und eine ansehnliche Zahl von Arten geht aus der einen in die andre über.

Es war das ein Resultat von erheblicher Tragweite. Wie früher erwähnt wurde, nehmen in den zuerst untersuchten mitteleuropäischen Gegenden gegen Ende des Jura Seichtwasserbildungen von sehr wechselnder Faciesentwickelung und großenteils von sehr lokaler

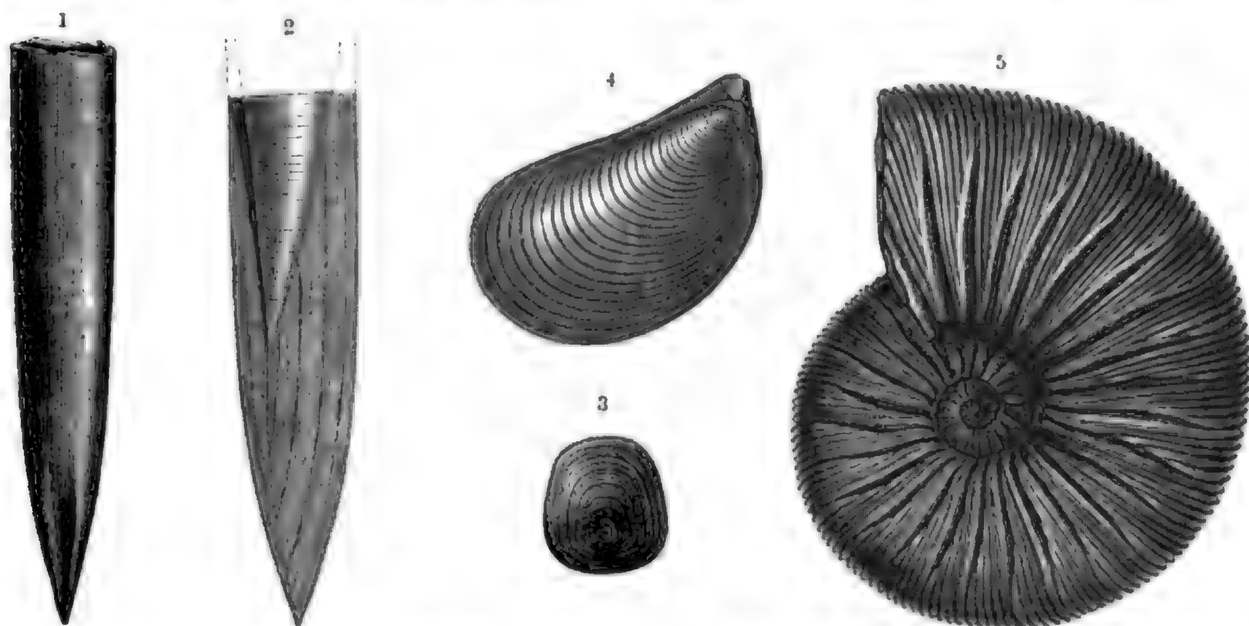
Verbreitung stark überhand; der oberste Jura ist dort gar nicht oder nur durch Brackwasserbildungen vertreten, und dasselbe gilt von den untersten Teilen der darauf folgenden Kreideformation. So kam es, daß nach den ältern Ansichten, welche sich auf die Verhältnisse in der letztern Region gründeten, hier eine überaus scharfe Grenze vorhanden zu sein schien, und die Anhänger der Lehre, daß jede geologische Formation von der andern aufs schärfste durch große Naturumwälzungen geschieden sei, konnten mit besonderm Nachdrucke auf diesen scheinbar zweifellosen und klaren Fall verweisen. Um so größer war die Enttäuschung und das Widerstreben, als das nähere Studium der alpinen Gegenden zeigte, daß diese scharfe Abgrenzung zwischen Jura und Kreide nur die Folge eigentümlicher lokaler Verhältnisse darstellt, und daß in den Alpen eine vollständig zusammenhängende Entwickelung vorliegt. Eine überaus lebhaft und stellenweise selbst mit Leidenschaftlichkeit geführte Diskussion über diesen Gegenstand dauerte fast zwei Jahrzehnte hindurch, bis heute fast allgemein die Überzeugung Platz gegriffen hat, daß hier wirklich eine schrittweise und allmähliche Entwickelung vorliegt. Wir können natürlich nicht auf eine weitläufige Erörterung dieser verwickelten Verhältnisse eingehen; als das Endergebnis kann hervorgehoben werden, daß die obersten Schichten des obern Jura, wie sie am schönsten bei Stramberg in Mähren und an der Porte de France bei Grenoble in Frankreich entwickelt sind, mit den tiefsten Kreideschichten etwa zwölf Arten gemein haben. Anderseits ist auch der Horizont von Stramberg mit tiefern Juraschichten in innigster Verbindung, und so hat das Studium dieser alpinen Ablagerung ein neues Glied in der Kette von Beweisen geliefert, welche zeigen, daß die Katastrophentheorie den Thatsachen in keiner Weise entspricht.

Weitere Verbreitung und geographische Verhältnisse des Jura.

Wir haben gesehen, daß das weite Gebiet des innerrussischen Jura mit zu denjenigen gehört, welche keine liasischen Ablagerungen zeigen, sondern erst in späterer Zeit überflutet wurden. Die Meeresbedeckung begann hier mit den untersten Schichten der Kellowaystufe, mit der Zone des Stephanoceras macrocephalum, doch fehlt diese in manchen Teilen des Gebietes, und etwas höhere Schichten liegen dann unmittelbar alten Gesteinen auf. Die Verbreitung des Jura ist hier an sich schon eine sehr große, wir dürfen aber mit Sicherheit annehmen, daß seine nicht sehr mächtigen und aus wenig widerstandskräftigen Thonen und Sanden zusammengesetzten Schichten auf riesige Strecken denudiert worden sind. Aller Wahrscheinlichkeit nach war zur Zeit des obern Jura das ganze innere Rußland bis hinauf zum Eismeere und bis an den Ural vom Meere bedeckt, ja vielleicht ragte selbst der letztere nicht seiner ganzen Ausdehnung nach als Insel über das Wasser empor. Nach allen Daten war auch die ganze sibirische Ebene bis an die Beringsstraße überflutet, da an einer Menge von Stellen, wo die sibirischen Ströme tief genug in den Untergrund einschneiden, die jurassischen Schichten bloßgelegt werden, und selbst in den hochgebirgigen Regionen Ostsibiriens reichen marine Juraschichten bis südlich vom Baikalsee, bis Nertschinsk und an die Quellen des Amur. Schwieriger ist die Frage, wie sich das russische Meeresbecken gegen Westen und Süden verhielt, und wir müssen vor allem den Charakter der Ablagerungen etwas kennen lernen, ehe wir ein Urteil darüber fällen können.

In einer Richtung sind Unterschiede ähnlicher Art zwischen russischem und mitteleuropäischem Jura vorhanden wie zwischen diesem und dem alpinen. Wie schon früher berichtet wurde, ist von den Ammonitengattungen Phylloceras, Lytoceras, Haploceras und Simoceras, welche in den Alpen in Menge, in Mitteleuropa nur spärlich vorhanden sind, in Rußland noch keine Spur gefunden worden. Die Gattungen Oppelia und Aspidoceras

sowie die Gruppe des Belemnites canaliculatus, die in Mitteleuropa sehr verbreitet sind, sind in der Moskauer Region nur sehr spärlich vertreten, Riffkorallen fehlen fast ganz, dagegen ist die Ammonitensippe Cardioceras, ferner die Gruppe des Belemnites excentricus und vor allen die Muschelgattung Aucella außerordentlich häufig und charakteristisch. Wir haben diese Unterschiede als Provinzunterschiede bezeichnet, allein es machen sich noch Abweichungen andrer Art bemerkbar, welche uns zeigen, daß hier weitere Faktoren an der Verschiedenheit der Gestaltung teilnehmen. Betrachten wir nämlich etwa die Entwickelung beliebiger Zonen aus dem Lias und dem obern Jura, aus den Alpen und aus Mitteleuropa, so finden wir, daß die Größe des Unterschiedes sich überall ziemlich gleich bleibt, sobald wir Cephalopodenfacies mit Cephalopodenfacies vergleichen. Ganz anders ist das Verhältnis zu Rußland, wie es uns eine flüchtige Darstellung der dortigen Juraablagerungen kennen lehrt.



Russische Jurafossilien: 1—3. Belemnites Panderianus. — 4. Aucella mosquensis. — 5. Perisphinctes virgatus. (Nach d'Orbigny.)

Der Charakter des russischen Jura ist ein sehr eintöniger, Thone und lockere Sandsteine, häufig von glaukonitischer Beschaffenheit, daneben nur sehr untergeordnete Kalke umschließen eine hauptsächlich aus Ammoniten, Belemniten und Muscheln, in zweiter Linie aus Schnecken und Brachiopoden bestehende Bevölkerung; Foraminiferen sind in einzelnen Thonbildungen durch Uhlig nachgewiesen, alle andern Tierformen spielen nur eine sehr untergeordnete Rolle. Die obenstehende Abbildung zeigt uns einige der bezeichnendsten Formen dieser Entwickelung; Ammoniten sowie manche andre der dortigen Fossilien sind größtenteils durch die prachtvolle Erhaltung ihrer Perlmutterschalen ausgezeichnet.

Es wurde schon früher erwähnt, daß im ganzen innerrussischen Becken die ältern Teile unsrer Formation fehlen, aus dem ganzen Gebiete ist keine Marinablagerung bekannt, welche dem Lias oder dem mittlern Jura zugerechnet werden könnte, und den Beginn machen die tiefsten Glieder des obern Jura, welche unter dem Namen der schon öfters erwähnten Kellowaystufe zusammengefaßt werden. Die Makrocephalen- und Ornatenschichten zeigen hier sehr große Ähnlichkeit mit den mitteleuropäischen Vorkommnissen, und die Übereinstimmung ist gewiß nicht geringer, als sie etwa zwischen alpinen und außeralpinen Ammonitenschichten gleichen Alters zu sein pflegt. Es folgen nun die Ablagerungen der Oxfordstufe, die in einen tiefern Horizont mit Cardioceras cordatum und in einen höhern mit Cardioceras alternans zerfallen; auch in diesen Schichten sind noch manche Arten mit

der mitteleuropäischen Region gemeinsam, allein dazu gesellt sich doch auch eine Anzahl fremdartiger Typen, so daß namentlich gegen oben eine genaue Parallele mit unsern Gegenden sehr schwierig wird. Dies steigert sich noch, wenn wir in höhere Schichten gelangen. Die nun folgenden Ablagerungen mit Perisphinctes virgatus enhalten fast lauter dem Moskauer Becken eigentümliche Arten, und noch selbständiger wird die Fauna in den noch jüngern Aucellenschichten, deren Tierreste so wenig Vergleichspunkte mit den mitteleuropäischen Verhältnissen bieten, daß die Entscheidung Schwierigkeit macht, ob diese Ablagerungen zum Jura oder zur Kreide gehören. Da das Vorkommen der Gattung Aucella durchaus nicht auf diese Bildungen beschränkt ist und nur gerade im Moskauer Becken diese Gattung ihre stärkste Entwickelung in denselben erreicht, so ist auch die Benennung nach derselben nicht zweckmäßig, und Nikitin hat daher für diese Schichten und diejenigen mit Perisphinctes virgatus den Namen Wolgastufe vorgeschlagen.

In neuerer Zeit haben nun die Untersuchungen von Pawlow an der untern Wolga wichtige Daten für die Beurteilung dieser Wolgastufe geliefert; in der Gegend von Simbirsk finden sich in ziemlicher Menge Ammoniten des westeuropäischen obern Jura, welche sonst Rußland fremd sind und hier offenbar von Süden aus der kaukasischen Region eingewandert sind. Diese Ammoniten, unter denen Aspidoceras acanthicum, Hoplites Eudoxus und mehrere andre sich finden, nehmen hier ihre Stellung zwischen den Schichten des Cardioceras alternans und denjenigen des Perisphinctes virgatus ein. Es sind ausschließlich Formen der Kimmeridgestufe und zwar sowohl ihrer obern als ihrer untern Abteilung, und wir sehen daraus, daß die Virgatenschichten jünger sind, also wohl ungefähr dem untern Tithon entsprechen; von den höhern Schichten der Wolgastufe entspricht vermutlich nur der untere Teil dem obern Tithon, und es kann mit sehr großer Wahrscheinlichkeit behauptet werden, daß der oberste Teil der Wolgastufe schon der untern Kreide angehört.

Wenn wir nun diese Erscheinungen mit denjenigen vergleichen, welche sich auf der Grenze zwischen mitteleuropäischer und alpiner Region zeigen, so finden wir darin eine wesentliche Verschiedenheit, daß der Grad der Abweichung zwischen den Moskauer Vorkommnissen sich von Anfang an immer mehr steigert, während der Grad der Differenz zwischen alpinen und außeralpinen Ablagerungen sich während des ganzen Jura gleich bleibt oder höchstens unregelmäßigen Schwankungen unterworfen ist.

Für die erstere Art des Auftretens können wir uns nur eine Erklärung vorstellen. Das Gebiet von Moskau war, wie wir gesehen haben, bis zum Beginne der Kellowaybildungen nicht vom Meere bedeckt, und die ersten Marinbildungen, welche erscheinen, haben sehr viel Ähnlichkeit mit Mitteleuropa, das vom Meere neugewonnene Areal wurde offenbar ganz oder größtenteils von hier aus mit Organismen besiedelt, wobei sich nur wenig hervortretende Provinzunterschiede geltend machen. In der von da an stetig wachsenden Verschiedenheit können wir nur den Beweis dafür finden, daß die anfangs vorhandene Verbindung nach Westen unterbrochen wurde und die beiderseitigen Faunen sich nun unabhängig voneinander entwickelten. Wir können sogar die Verbindungslinien angeben, auf welchen zur Kellowayzeit das russische mit dem mitteleuropäischen Meere zusammenhing; die eine dieser Straßen wird uns durch einige isolierte Juraschollen in Kurland und den benachbarten Teilen von Litauen angegeben, während eine Reihe merkwürdiger Anklänge an Moskauer Formen, die sich im Krakauer Jura finden, auf eine Verbindung in dieser Richtung hinweisen. Eine dritte Meerenge ging allem Anscheine nach aus dem östlichsten Teile des europäischen Rußland gegen den Kaukasus nach Süden, und da weit im Osten an der untern Wolga einige mitteleuropäische Formen noch in jüngern Schichten vorkommen, in welchen sie in der Gegend von Moskau fehlen, so scheint sich diese Verbindung bis gegen Ende der Kimmeridgezeit erhalten zu haben.

Zu Beginn der Wolgastufe scheint auch die mittlere Verbindung wenigstens zeitweilig offen gestanden zu haben, da an einer Stelle bei Kielce in Polen Virgatenschichten vom Moskauer Typus durch Michalsky entdeckt worden sind, die sich vermutlich unter der Einwirkung einer Kaltwasserströmung hier nach Süden verbreiteten.

Der Typus der Moskauer Juraentwickelung ist nicht auf die an sich schon sehr weiten Gebiete des europäischen Rußland beschränkt. Wie schon oben erwähnt, fanden sich ähnliche Bildungen weithin durch ganz Sibirien bis nahe an die Ufer des Stillen Ozeanes, und überall sind es ähnliche Formen und besonders das häufige Auftreten der Muschelgattung **Aucella**, welche diese Ablagerungen charakterisieren. Aber auch noch weiterhin finden wir in den nordischen Regionen sehr verwandte Gebilde. Verschiedene Reisende haben von Spitzbergen die charakteristischen Juraversteinerungen Rußlands mitgebracht, auf der Insel Andö an der Westküste des nördlichsten Norwegen treten sie auf, die große schwedische Expedition zur Umschiffung Asiens unter Nordenskjöld hat sie auf Nowaja Semlja und auf der Preobraschenie-Insel nördlich von Sibirien entdeckt, und nach den Funden andrer Seefahrer scheinen sie auch auf Franz Josephs-Land und den Neusibirischen Inseln vorzukommen. Von der Inselkette der Aleuten, welche Asien und Nordamerika verbindet, sind zahlreiche charakteristische Arten des russischen Jura beschrieben worden, und eine Fortsetzung dieses Vorkommens gegen Süden bilden die übereinstimmenden Funde von Alaska und der Charlotte-Insel an der amerikanischen Westküste, während uns ein vereinzelter Ausläufer nach Süden in den Jurabildungen der Black Hills von Dakota im nördlichen Teile der Vereinigten Staaten entgegentritt. In den höchsten Norden werden wir dann wieder durch die Funde des kühnen Seefahrers M'Clintock versetzt, welcher bei seiner berühmten Expedition zur Aufsuchung Franklins auf der Patricksinsel in dem eisigen amerikanischen Polararchipel Jurafossilien fand. Das Schlußglied der ganzen Kette sind endlich die Jurapunkte, welche der bekannte Polarforscher Payer an der Ostküste von Grönland entdeckt und Toula beschrieben hat. Wir nähern uns damit wieder unserm Ausgangspunkte auf Spitzbergen und sehen somit einen Kranz in vielen wesentlichen Punkten miteinander übereinstimmender Juravorkommnisse rings um den Nordpol: es sind das die Spuren eines großen Polarmeeres, das an zwei Stellen, in der Moskauer Region und im westlichen Teile von Nordamerika, Ausläufer nach Süden entsendet.

Es ist das eine Thatsache von großer Wichtigkeit. Die stete Zunahme der Verschiedenheit des Moskauer Jura gegenüber dem mitteleuropäischen kann von dem Mangel einer Verbindung herrühren, aber die Abweichungen, welche schon die Kellowayschichten in Innerrußland zeigen, und die durchgreifenden Unterschiede des nordischen Jura gegen denjenigen der übrigen Länder lassen sich auf diese Weise nicht erklären. Der absolute Mangel der Gattungen **Lytoceras**, **Phylloceras** und **Simoceras**, die Seltenheit von **Oppelia** und **Aspidoceras**, die Häufigkeit von Aucellen und von Arten aus der Gruppe des **Belemnites excentricus**, das Fehlen von Riffkorallen lassen sich nicht auf eine Abschließung zurückführen, es liegt nahe, als Ursache die nördliche Lage zu betrachten, und wir kommen damit zu der bedeutungsvollen Frage, ob sich in der Verbreitung der jurassischen Meerestiere ein Einfluß des Klimas bemerkbar macht.

Die Beantwortung dieses Problems muß von einer Betrachtung der geographischen Verteilung der andern Ausbildungsarten des Jura abhängig sein. Der mitteleuropäische Typus, dessen Entwickelung wir schon kennen gelernt haben, tritt, wie schon erwähnt, in England, im nordwestlichen Teile von Spanien und Portugal, im außeralpinen Teile von Frankreich, Deutschland und Österreich-Ungarn, ferner in Russisch-Polen auf. Eine weitere Fortsetzung finden wir in Südrußland an den Ufern des Donez, dann am Nordrande des Kaukasus und wahrscheinlich auf der Halbinsel Mangischlak am Ostufer des Kaspischen

Meeres. Dann folgt eine große Unterbrechung durch altes Festland, aber in Japan erscheint nach den vorhandenen Angaben wieder außeralpine Entwickelung, und dieselbe kehrt auch in den isolierten Juravorkommnissen der Sierra Nevada in Kalifornien wieder. Zwar ist die Zahl der bekannten Punkte nicht sehr groß, aber sie halten sich alle in der nördlichen gemäßigten Zone.

Ein ganz andres Bild zeigen uns die alpinen Vorkommnisse, die durch häufiges Vorkommen von Phylloceras, Lytoceras und Simoceras ausgezeichnet sind. Wir haben sie in Europa in der ganzen alpinen Region, im südwestlichen Portugal und Spanien, in Südfrankreich, Italien, den Alpen und Karpathen bis an die Donaumündung in der Dobrudscha; weiterhin treten sie uns in der Krim und im Innern des Kaukasus entgegen und bilden durch ganz Europa einen Gürtel südlich von der mitteleuropäischen Provinz. Allein das sind nur die vorgeschobenen Posten nach Norden, alpiner Jura findet sich auch in Algerien, in Kleinasien, bei Mombas und Mosambik[1] im äquatorialen Afrika, ferner auf Madagaskar und in ausgezeichneter Entwickelung in Ostindien in Cutch an der Mündung des Indus und an einigen Punkten an der Ostküste der indischen Halbinsel. Ein riesig breiter Gürtel zu beiden Seiten des Äquators hat nur alpinen Jura geliefert, und dasselbe finden wir auch in Amerika wieder, wo die alpine Entwickelung in Guatemala und in Peru herrscht, während in Kolumbien, im nördlichsten Teile von Südamerika, zwar kein Jura bekannt ist, aber die untere Kreide, die sich in dieser Richtung genau wie der Jura verhält, alpin ausgebildet ist.

Wir haben bis jetzt drei große von Norden nach Süden aufeinander folgende Zonen, eine polare, eine gemäßigte und eine äquatoriale, kennen gelernt, und dadurch wird die Annahme, daß es sich um klimatische Unterschiede handle, schon in hohem Grade wahrscheinlich. Allein wenn diese Auffassung richtig sein soll, so muß natürlich weiter gegen Süden nochmals eine Zone mit andrer Entwickelung folgen, eine südliche gemäßigte Region, in welcher Phylloceras, Lytoceras rc. wieder zurücktreten und der Charakter dadurch wieder demjenigen der mitteleuropäischen Entwickelung genähert wird. In der That ist das in vollem Maße der Fall; in Südamerika finden sich im Hochgebirge der Anden südlich vom 20.° südlicher Breite in Chile und im südlichen Bolivien Juraschichten, welche in geradezu auffallender Weise an die mitteleuropäische Entwickelung erinnern. Die charakteristischen Gattungen der äquatorialen Gegenden treten stark zurück, und wenn auch manche Eigentümlichkeiten vorhanden sind, so ist doch im allgemeinen die Übereinstimmung mit den europäischen Bildungen in Schwaben, der Schweiz, Frankreich oder England eine geradezu überraschende. Der Jura in Neuseeland ist noch sehr wenig bekannt, was wir aber von dort wissen, weicht ganz vom äquatorialen oder alpinen Typus ab, und durch das Auftreten von Aucella fühlt man sich sogar an die nordischen Verhältnisse erinnert. Aus dem südwestlichen Teile von Neuholland kennt man eine mitteljurassische Fauna von außeralpinem Gepräge, und endlich ist in der Gegend von Port Elizabeth in der Kapkolonie (südlichstes Afrika) ein eigentümliches Gebilde, die sogenannte Uitenhaageformation, entwickelt, von welcher dasselbe gilt. Dieses letztere Vorkommen gehört zwar aller Wahrscheinlichkeit nach nicht mehr dem obersten Jura, sondern der untersten Kreide an, aber da Jura und untere Kreide sich in dieser Beziehung ganz gleich verhalten, so können wir diese ohnehin ganz auf der Grenze gegen den Jura gelegene Bildung hier auch mit in Betracht ziehen.

Wir kennen südlich vom 20.° südlicher Breite keine Lokalität mit alpin entwickeltem Jura, dagegen haben diese Regionen in vier riesig weit voneinander entfernten Ländern,

---

[1] Das Vorkommen von Mosambik gehört zwar wahrscheinlich nicht dem Jura, sondern der untersten Kreide an, doch ist das für diese Frage ganz ohne Bedeutung.

in Südafrika, Südamerika, Neuseeland und Neuholland, Ablagerungen geliefert, in welchen Phylloceras und Lytoceras fehlen oder sehr selten sind, während bei aller durch die weite Entfernung bedingten Verschiedenheit in den eigentlichen Provinzcharakteren Übereinstimmung mit Mitteleuropa herrscht, und das gewährt uns den sichern Beweis, daß die ganze Provinzgliederung des Jura auf klimatische Ursachen zurückzuführen ist.

Unter diesen Umständen ist kein Grund mehr zum Zweifel an der Richtigkeit der hier gegebenen Erklärung, und wir können hier zum erstenmal den Einfluß der Temperatur auf die Verteilung der Meerestiere mit Sicherheit verfolgen, und von da an gelingt der Nachweis in allen spätern Formationen mit Leichtigkeit. Es entsteht dadurch die Frage, ob solche Unterschiede in der Verbreitung der Meeresfaunen in vorjurassischen Zeiten noch nicht vorhanden gewesen, oder ob und aus welchen Gründen sie bisher der Beobachtung entgangen sind. Daß klimatische Unterschiede bestanden haben, kann nach dem, was in frühern Abschnitten, namentlich bezüglich der Kohlenformation, gesagt wurde, nicht bezweifelt werden, und es kann sich daher nur darum handeln, die Ursachen zu finden, warum wir die Spuren davon bei den vorjurassischen Marinfaunen nicht mit Bestimmtheit nachweisen können.

Die Ursache ist eine sehr einfache. Wenn wir die Art und Weise ins Auge fassen, wie es gelungen ist, die klimatischen Verschiedenheiten bei den Juraablagerungen nachzuweisen, so finden wir, daß diese Untersuchung sehr erleichtert, ja eigentlich erst ermöglicht wurde durch den glücklichen Umstand, daß mitten durch Europa, von Portugal bis zum Schwarzen Meere, die Grenze zwischen zwei Provinzen läuft, deren Kontrast hier sehr scharf hervortritt. Dadurch wurde gerade in den bestbekannten Gegenden die Möglichkeit gegeben, diese Erscheinungen sehr genau zu studieren, und nachdem auf diesem Wege der wesentliche Unterschied zwischen alpiner und mitteleuropäischer Ausbildung erkannt war, fiel es nicht mehr so schwer, die ähnlichen Verhältnisse auch in andern Gegenden richtig zu deuten.

Wollen wir nun aber versuchen, bei den vorjurassischen Formationen denselben Weg einzuschlagen, so treffen wir hier auf große Schwierigkeiten. Wir haben gesehen, daß die Trias in den außeralpinen Gegenden Europas in einer so durchaus eigentümlichen Entwickelung als das Gebilde eines großen Binnenbeckens auftritt, und daß die Abweichung von der alpinen Region so durchgreifend, die Fauna eine so ärmliche ist, daß es unmöglich ist, hier Studien über die Wirkungen klimatischer Verhältnisse auf die marinen Faunen zu machen. Ebenso ungünstig sind die permischen Ablagerungen in Europa ausgebildet, auch für die Kohlenformation bietet das Vorkommen der flözführenden Ablagerungen ein unüberwindliches Hindernis, und im Devon tritt die Verbreitung des alten roten Sandsteines störend in den Weg. Mit dem Fortschreiten der genauen Kenntnis andrer Erdteile wird man vielleicht auch hier weiter eindringen können, aber in Europa liegen die Verhältnisse für die Lösung dieser Fragen zu ungünstig.

Allerdings erfahren wir auf dem eingeschlagenen Wege nur, daß zur Jurazeit in hohen Breiten eine andre und zwar natürlich eine niedrigere Temperatur herrschte als in den äquatorialen Regionen; einen Anhaltspunkt, absolute Werte bezüglich des damaligen Klimas abzuleiten, um die mittlere Jahrestemperatur in irgend einer Gegend zu berechnen, erhalten wir nicht. Wohl könnte man versucht sein, die Verbreitung der Riffkorallen zu einer derartigen Folgerung herbeizuziehen; es ist bekannt, daß diese Tiere jetzt nur in Gegenden leben, in welchen die Temperatur des Meerwassers das ganze Jahr hindurch nie unter 20° Celsius herabsinkt, und da nun solche Formen noch im obern Jura von England und Norddeutschland auftreten, so könnte man zu der Ansicht gelangen, daß in diesen Gegenden ein Klima von der angegebenen Beschaffenheit geherrscht habe. Die nördlichsten Spuren von Korallenriffen finden sich im Jura ungefähr unter 53° nördlicher Breite, während heute

deren äußerstes Vorkommen an den Bermudasinseln unter etwa 32° nördlicher Breite liegt, und man könnte also schließen, daß die Isothermenlinien sich seit der Jurazeit um etwa 20 Breitengrade verschoben haben. Allein eine solche, allerdings naheliegende Vermutung geht von der durchaus unbewiesenen Voraussetzung aus, daß die Riffkorallen zu allen Zeiten unter denselben klimatischen Verhältnissen gelebt haben, daß seit der Jurazeit keine Änderung in ihrer Lebensweise und ihrem Wärmebedürfnisse eingetreten sei, eine Annahme, welche nach den Auseinandersetzungen in einem der frühern Abschnitte (s. S. 28) wenig wahrscheinlich ist.

Neben den Folgerungen über die klimatischen Verhältnisse erlauben die Daten über die Verbreitung der Jurasedimente und ihre Fauna und Flora in verschiedenen Ländern auch einige Schlüsse über die Verteilung von Wasser und Land in jener Zeit, und wir können wenigstens in den rohesten Umrissen ein Bild der jurassischen Meere und Festländer herstellen. Da jedoch die Ausdehnung des Ozeanes während der Juraformation sehr große Veränderungen erlitten hat und vor allem in weiten Länderstrecken jede Spur liasischer Meeresablagerungen fehlt, während solche des obern Jura vorhanden sind, so kann natürlich das Bild, das wir entwerfen, nur für einen bestimmten Zeitpunkt gelten, und wir wählen hierzu die Zeit der größten Ausdehnung des obern Jura auf der nördlichen Halbkugel.

Wir haben in dieser Richtung schon einige fundamentale Thatsachen kennen gelernt. Die mitteleuropäischen und alpinen Ablagerungen haben große Ähnlichkeit in ihrer Fauna, es herrschen zwischen beiden nur durch klimatische oder durch Faciesverhältnisse bedingte Unterschiede, und wir haben also zunächst ein über Mittel- und Südeuropa, über das heutige Mittelmeer, über Algerien und Tunis ausgebreitetes offenes Meer, das wir nach Syrien, Kleinasien und in den Kaukasus verfolgen können. Südlich davon haben wir in der ganzen Wüstenregion von Nordafrika und Arabien ein Gebiet, in welchem alle jurassischen Ablagerungen fehlen und Gebilde der obern Kreide unmittelbar auf paläozoischen Schichten aufliegen, wir haben also hier das Südufer unsers Meeres. Anderseits haben wir gesehen, daß das Moskauer Becken bis auf beschränkte Meeresstraßen von dem mitteleuropäischen Becken getrennt war und zwar zunächst durch zwei Inseln, von denen die eine sich vom Don bis in die Gegend von Lublin in Polen, die andre nördlich von Lublin bis gegen Kowno erstreckte. Weiterhin schloß sich dann die uralte skandinavische Masse an, welche damals vermutlich bis zu den Shetlandinseln reichte. Westlich von diesen befand sich, nach dem an nordische Entwickelung sich anschließenden Jura Nordschottlands zu urteilen, wieder eine Meeresverbindung mit dem Arktischen Ozeane.

Verfolgen wir die Ablagerungen nach Osten, so finden wir im südwestlichsten Teile von Sibirien, in Turan und Turkistan ausgedehnte, dem festen Lande oder süßen Wasser angehörige Kohlenbildungen des Jura, wir haben also hier wieder eine große Insel, zwischen dieser Insel aber und der arabischen Wüstentafel muß sich das Meer durch Persien und Afghanistan nach Osten verbreitet haben, denn der Jura von Cutch an der Mündung des Indus stimmt nach den Untersuchungen von Waagen in so wunderbarer Weise mit dem mitteleuropäischen überein, daß eine unmittelbare Meeresverbindung zwischen diesen Regionen existiert haben muß. Da nun, wie Beyrich gezeigt, bei Mombas an der afrikanischen Ostküste ungefähr unter 4° südlicher Breite Jura auftritt, der mit demjenigen von Cutch vollständig übereinstimmt, so können wir auf eine Ausdehnung des Meeres auch in diese Gegenden schließen, und Mosambik an der afrikanischen Ostküste, das westliche Madagaskar und Antalo in Abessinien sind weitere Punkte, an welchen Ablagerungen desselben Meeres vorhanden sind. Nach Westen war dieses Becken durch die große zentral- und südafrikanische Masse begrenzt, welche zu den ältesten Kontinentalgebieten gehört und damals offenbar mit dem nordafrikanischen Wüstengebiete zusammenhing.

Von größter Bedeutung sind die Verhältnisse im äußersten Süden Afrikas; hier zeigt sich im östlichen Teile der Kapkolonie die schon oben genannte Uitenhaageformation, welche den untersten Teil der Kreideformation, vielleicht aber auch noch ein geringes Stück des obersten Jura vertritt. Diese Ablagerung hat in ihrer Fauna nicht die mindeste Verwandtschaft mit den Vorkommnissen an der Ostküste von Zentralafrika oder auf Madagaskar, ebensowenig mit denen in Europa, wohl aber Anklänge an die Vorkommnisse in Ostindien und an der Westküste von Südamerika. Daraus geht vor allem hervor, daß zwischen den Gewässern, aus welchen sich die zentralafrikanischen, und jenen, aus welchen sich die südafrikanischen Juraschichten niederschlugen, Land lag, daß dagegen vom Kap der Guten Hoffnung eine Meeresverbindung zu den nördlich und östlich von dem uralten Kontinente des Dekhan gelegenen indischen Juralokalitäten vorhanden sein mußte. Wir werden dadurch zu der Hypothese geführt, daß von Südafrika aus über die Osthälfte von Madagaskar eine Halbinsel sich nach Ceylon und dem Dekhan in Indien erstreckte, ein Festland, dessen Reste in einer Reihe von Inselgruppen im Indischen Ozeane, in den Seschellen, Amiranten, Chagos, Malediven und Lakadiven, noch heute angedeutet zu sein scheinen. Es ist das schon darum von großem Interesse, weil wir so durch die Verbreitung der Jurasedimente zu einer Annahme geführt werden, zu welcher die Tiergeographen auf ganz anderm Wege, durch die Betrachtung der jetzigen Verbreitung von Säugetieren und Vögeln, gelangt sind. Südafrika, Madagaskar und Ostindien haben nämlich eine ziemliche Anzahl sehr merkwürdiger Tierformen miteinander gemein, unter welchen die Halbaffen oder Lemuren die wichtigsten und bezeichnendsten sind, und man hat daraus auf die Existenz eines alten Festlandes geschlossen, welches heute vom Indischen Ozeane bedeckt wird, und für das man den Namen des Lemurenkontinentes oder Lemurien vorgeschlagen hat. So führt eine ganz verschiedene Reihe von Thatsachen zu demselben Ergebnisse und gewährt eine außerordentlich wichtige und wertvolle Bestätigung unsrer Folgerungen.

Die Verhältnisse der Uitenhaageformation leiten uns aber noch zu einem weitern Resultate; mit europäischen Verhältnissen zeigt sich, wie erwähnt, wenig Ähnlichkeit, wohl aber sind einzelne Anklänge an die Vorkommnisse in den chilenischen Anden vorhanden. Es handelt sich dabei nicht etwa um schwimmende Bewohner der hohen See, sondern um Muschelformen seichter Küstengewässer, welche sich in der Regel nicht über das offene Meer, sondern dem Strande entlang ausbreiten. Hätte damals das südatlantische Meeresbecken schon existiert, so müßte man weit eher eine Verwandtschaft der Seichtwasserbewohner mit denen Europas als mit denjenigen der pazifischen Region Südamerikas erwarten. Unter den küstenbewohnenden Muscheln der letztern Gegend, in Chile und Bolivien, haben sich europäische Typen in Menge gefunden, die ihre Verbreitung ebenfalls einer Küste entlang genommen haben müssen, und wir kommen durch diese drei Erscheinungen zu der Vermutung, daß damals die uralte brasilische Masse mit der äthiopischen noch quer über den Südatlantischen Ozean zusammenhing, eine Annahme, die noch dadurch bestätigt wird, daß nirgends in den Küstenländern dieses Meeres Jura gefunden worden ist.

Die westindische, zentralamerikanische und mexikanische Region war allem Anscheine nach von einem Meere bedeckt, das mit dem mitteleuropäischen und alpinen Becken im Zusammenhange stand; dagegen war der ganze östliche Teil von Nordamerika von Texas bis Grönland hinauf Kontinent, und eine Reihe von Gründen spricht dafür, daß dieses Festland sich über einen großen Teil des Nordatlantischen Ozeanes bis gegen Schottland erstreckt habe.

Fassen wir die bisherigen Ergebnisse zusammen, so finden wir ein nicht sehr breites, in der Richtung von Westen nach Osten langgestrecktes Meer (das zentrale Mittelmeer), das sich von Zentralamerika durch Mittel- und Südeuropa, Kleinasien, Persien, Afghanistan und Beludschistan bis Indien erstreckt und von der Gegend der Indusmündung eine große

Bucht nach Süden bis Mosambik und Madagaskar entsendet (äthiopisches Mittelmeer). Gegen Süden wird das Ufer dieses Ozeanes durch ein brasilisch-äthiopisches Festland und seinen Ausläufer, die indisch-madagassische Halbinsel, gebildet; im Norden liegt der nearktische Kontinent, der die größere Osthälfte Nordamerikas samt Grönland umfaßt und eine bis gegen Schottland reichende Verlängerung aussendet; weiterhin schließt sich die skandinavische Insel an, ferner die kleinern Inseln, welche das Moskauer Becken vom mitteleuropäischen trennen, endlich die große turanische Insel.

Wollen wir die weitere Verbreitung von Land und Wasser gegen Osten verfolgen, so treffen wir auf weite Gebiete, in welchen der Jura fehlt oder durch Binnenablagerungen mit Landpflanzen und Kohlen vertreten ist. Das ist der Fall im größten Teile des Thianschangebirges, im südlichsten Teile Ostsibiriens, im russischen Amurlande, in ganz China, soweit es untersucht ist, in Hinterindien, den malayischen und papuanischen Inseln und in einem großen Teile von Australien; in Japan, im südwestlichen Teile von Neuholland, im Südosten dieses Kontinentes (Queensland), endlich auf Neuseeland greifen kohlenführende Binnenablagerungen und Meeresbildungen in einer Weise ineinander, welche zeigt, daß hier Küstengebiet vorhanden war, in welchem das Meer bald etwas größeres, bald etwas kleineres Gebiet umfaßte. Die Ähnlichkeit der Landflora sowie andre Gründe, die wir nicht eingehend besprechen können, verweisen uns hier auf die Existenz eines großen chinesisch-australischen Festlandes, welches sich vom südöstlichen Sibirien über China, das Japanische und Chinesische Meer, Hinterindien, die australischen Inseln, Neuholland und die Fidschi-Inseln bis Neuseeland erstreckte.

Es entsteht nun die Frage, wie sich diese Region gegen die früher besprochenen abgrenzt; im mittlern Thianschan, ferner am Karakorum-Passe und im Pamir sind einzelne marine Juraablagerungen bekannt, große Verbreitung erreichen dieselben im tibetanischen Hochlande, und speziell die Ablagerungen dieser letztern Region sind von großer Bedeutung. Wir finden hier sehr ammonitenreiche Gesteine von durchaus fremdartigem Habitus, die durch den Charakter mancher Ammoniten, durch das häufige Auftreten von Aucellen und das Fehlen oder die Seltenheit der für die gemäßigte und äquatoriale Entwickelung charakteristischen Ammonitengattungen an die nordische Entwickelung erinnern, und mit dieser muß eine Verbindung existiert haben, welche durch die marinen Juravorkommnisse im mittlern Thianschan angedeutet wird. Anderseits gibt es im tibetanischen Jura auch einzelne Arten, welche in den Ablagerungen von Cutch am Indus vorhanden sind, und es muß also eine ganz beschränkte Verbindung auch von Süden her nach dem tibetanischen Becken existiert haben.

Wir erhalten auf diese Weise eine vom Nordmeere nach dem zentralen Mittelmeere hinführende Wasserverbindung und damit die Trennung der turanischen Insel von dem chinesisch-australischen Kontinente. Dieser kann auch mit dem brasilisch-äthiopischen Festlande oder dessen indisch-madagassischer Halbinsel nicht in Verbindung gewesen sein, da der Jura im südwestlichen Neuholland auffallend an die europäischen Vorkommnisse erinnert und daher eine Verbindung vom zentralen Mittelmeere nach Südosten bestanden haben muß. Der ganze Stille Ozean, soweit er nicht von dem chinesisch-australischen Kontinente eingenommen wurde, war augenscheinlich Meer, ebenso die Polarregion mit Einschluß des größten Teiles von Sibirien, Innerrußland und dem nordwestlichen Nordamerika, endlich aller Wahrscheinlichkeit nach auch die ganze Südpolarregion oder wenigstens der größte Teil derselben.

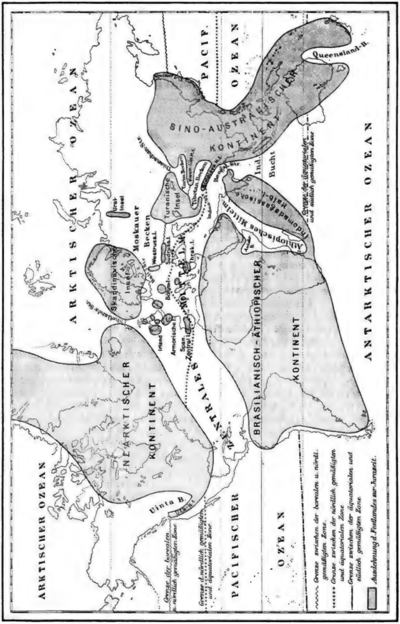
In solcher Weise ist es möglich, sich in den allergröbsten Umrissen von der Verbreitung von Wasser und Land zur Jurazeit Rechenschaft zu geben, und wir haben auch gesehen, in welcher Weise die Betrachtung der Fauna, ihrer Verbreitung und ihres Charakters hierbei leitet. Allerdings sind es nur die gröbsten Umrisse, und nur in Europa können wir etwas weiter gehen und etwa ein Dutzend Inseln unterscheiden, wie die böhmische Masse,

das Ardennengebiet, das zentralspanische Gebirge, Irland, die Bretagne, die vermutlich mit Wales zusammenhing, und einige andre. Allein trotz dieser Unvollkommenheit können wir doch aus dem bisher Erreichten manche wichtige Schlüsse ableiten, und in noch weit höherm Grade wird dies der Fall sein, wenn wir einmal ähnliche Karten auch für die zwischen dem obern Jura und der Jetztzeit befindlichen Perioden besitzen werden.

Auf der Karte, S. 336, sind die geographischen Verhältnisse, wie sie um die Mitte des obern Jura herrschten, dargestellt; die Festländer sind dunkel gehalten, die Meere weiß gelassen und die Grenzen zwischen der äquatorialen, den beiden gemäßigten und der nördlich-polaren Zone eingezeichnet. Was in erster Linie auffällt, ist die Anhäufung großer Festlandsmassen um den Äquator und in den tropischen Regionen; wir haben hier den großen brasilisch-äthiopischen Kontinent und das chinesisch-australische Festland, welche aller Wahrscheinlichkeit nach so großen Raum einnahmen, daß nicht weniger als die Hälfte des Äquators auf trocknem Lande verlief, während heute nicht ganz ein Fünftel auf Festland, vier Fünftel auf Meer fallen; dafür war auf der nördlichen Halbkugel viel mehr Wasser als heute.

Es ist das ein ziemlich unerwartetes Ergebnis, zu dem wir da gelangen. Es wurde oben hervorgehoben, daß die Anhäufung von Festland im nördlichen Teile der nördlichen Halbkugel schon seit sehr alter Zeit anhält, hier aber sehen wir ein durchaus verschiedenes Bild, und es fragt sich nun, wie diese Thatsache sich mit jener früher geäußerten Ansicht verträgt. Wir müssen zu diesem Ende den Zustand von Meer und festem Lande während andrer Abschnitte der Juraformation ins Auge fassen, welche ja in dieser Hinsicht so bedeutende Verschiedenheiten aufweisen. Der Lias, die älteste Abteilung, zeigt, wie schon früher erwähnt, auf der nördlichen Halbkugel sehr viel geringere Verbreitung als der obere Jura; im innerrussischen Becken und in Sibirien, dem größten Jura-Areale, das wir überhaupt kennen, fehlt nicht nur der Lias, sondern auch der ganze Dogger; allein dasselbe Verhältnis finden wir in der ganzen nordischen Region; auf Spitzbergen, Nowaja Semlja, den Aleuten, in Grönland, in Alaska und in den Black Hills von Dakota ist nur oberer Jura vorhanden, nur auf Prinz Patricks-Land scheint mittlerer Jura aufzutreten, der Lias fehlt der ganzen arktischen Region. Ähnlich verhält es sich in ganz Asien, wir kennen nur zwei Liaspunkte an den äußersten Enden des größten Erdteiles, im Kaukasus und in Japan, in den andern Regionen, in Tibet, am Indus, in Kleinasien, Syrien, ist nur oberer Jura vorhanden. In Europa selbst fehlt, außer in der Moskauer Region, der Lias dem östlichsten Teile der mitteleuropäischen Provinz, östlich vom 33.° östlicher Länge von Ferro ist in demselben noch kein Lias gefunden worden.

Es sind das allerdings negative Daten; es kann morgen in Zentralasien oder in den Polargegenden ein Vorkommen von marinem Lias gefunden werden, ja es wäre geradezu höchst unwahrscheinlich, anzunehmen, daß unsre Kenntnis in dieser Richtung nicht noch erweitert wird. Allein wenn dadurch auch im einzelnen unsre Anschauungen geändert werden mögen, so ist doch die Menge der Beobachtungen, welche ganz bestimmt auf eine geringe Verbreitung des Lias auf der nördlichen Halbkugel hinweisen, eine so überwältigend große, daß über die Bedeutung derselben kein Zweifel herrschen kann. Es ist dabei in hohem Grade wichtig, daß auch in den Gegenden, in welchen in Europa mariner Lias nachgewiesen ist, eine größere Anzahl von Inseln vorhanden, die Wasserbedeckung eine geringere war als zur Zeit des obern Jura. Wir haben also in den näher bekannten Gegenden der nördlichen Halbkugel nach Ende des Lias eine starke Zunahme der Wasserbedeckung und eine Transgression, ein Übergreifen, des Meeres im allergrößten Maßstabe, wie es sich in der ganzen geologischen Geschichte der Erde nur sehr selten mehr wiederholt. Die ersten Spuren eines Vorrückens des Meeres zeigen sich während der ersten Hälfte des mittlern



Karte der geographischen Verbreitung des Jurameeres. Vgl. Text, S. 335.

Jura, in der zweiten verstärken sich dieselben bedeutend, die größten Fortschritte treten aber erst nach Beginn des obern Jura während der Ablagerung der Kellowaystufe hervor, die weiteste Ausbreitung finden wir während der Bildung der Oxfordstufe. Allein dieselbe ist von kurzer Dauer, und schon das Ende dieser letztern läßt in vielen Gebieten wieder einen Rückzug des Meeres oder eine Verminderung seiner Tiefe erkennen, während in Sibirien nach den allerdings noch sehr unvollständigen Daten der oberste Jura die größte Fläche decken würde.

In der Liaszeit haben wir also noch eine Anhäufung großer Landmassen im nördlichen Teile der nördlichen Halbkugel, und wenn wir die russischen, sibirischen und andre nordische Ablagerungen des obern Jura betrachten, so fällt es auf, daß wir überall Bildungen aus seichtem Wasser, Sande, Thone mit vielen Muscheln und Schnecken, dagegen sehr wenig Kalke und einen ziemlich vollständigen Mangel aller Tiefseetiere, der Krinoiden, Kieselschwämme &c., finden. Es hat sich also nicht etwa ein riesig ausgedehntes, tiefes Meeresbecken neu gebildet, sondern die Festlandssockel blieben offenbar erhalten und wurden nur von einer seichten Wasserdecke überflutet.

Gegen Ende der jurassischen Periode hat sich auch dieses Verhältnis sehr bedeutend geändert, namentlich in der mitteleuropäischen Provinz macht sich der Rückzug des Meeres bemerkbar, die höhern Stufen des obern Jura sind überall durch typische Seichtwasserbildungen vertreten, das Meer verschwindet ganz aus dieser Region. Schließlich ist in der ganzen mitteleuropäischen Provinz, abgesehen vielleicht von einem kleinen Striche im mittlern Frankreich, keine Spur mehr von marinen Bildungen, das ganze Gebiet lag trocken, und nur einige große Brackwasserseen finden sich in England, im nordwestlichen Deutschland und in einem Teile der westlichen Schweiz, und ebenso gestaltet es sich in Cutch an der Mündung des Indus. Die untere Kreide ist wieder verhältnismäßig wenig in unsern Gegenden verbreitet, und wir können daher die große Ausdehnung des Meeres auf der nördlichen Halbkugel um die Mitte des obern Jura als eine Ausnahme, als eine Episode betrachten, die sich in die normale Entwickelung einschiebt.

Damit drängt sich uns aber sofort eine andre Frage auf: wenn zu jener Zeit das Meer die nördliche Halbkugel überflutete, so müssen wir erwarten, daß in andern Teilen der Erde ein Rückgang des Wassers stattfand, da die Menge desselben im Ozeane sich annähernd gleich geblieben sein muß. Mit andern Worten, wir müssen annehmen, daß ein beträchtlicher Teil der auf unsrer Karte in der äquatorialen Gegend oder auf der südlichen Halbkugel als Festländer des obern Jura bezeichneten Gebiete während der Ablagerung des Lias vom Meere bedeckt war. Eine erste Andeutung in dieser Richtung erhalten wir dadurch, daß auf Neuseeland der Lias weit entschiedener marin entwickelt ist als die höhern Jurastufen. Es ist möglich, daß ein Teil des chinesisch-australischen Festlandes im Südosten vom Liasmeere bedeckt war, aber wir müssen auch diese Möglichkeit für den brasilisch-äthiopischen Kontinent ins Auge fassen, und es wäre z. B. gar nicht überraschend, wenn an der afrikanischen Westküste oder im brasilischen Küstengebiete isolierte Liasschollen gefunden würden.

Natürlich ist die Kenntnis der Verbreitung von Land und Wasser in frühern Perioden und der Veränderungen, welche in dieser Richtung vor sich gehen, von größter Bedeutung für die Entscheidung sehr wichtiger Fragen auf dem Gebiete der dynamischen Geologie; wir haben im ersten Bande gesehen, daß die Ansichten der Geologen in Beziehung auf die Vorgänge, welche die Verschiebung von Meer und Festland, die Veränderungen der Strandlinien hervorrufen, noch sehr geteilt sind. Die einen nehmen beträchtliche Änderungen im Stande des Meeresspiegels an, die andern Hebungen und Senkungen der Festländer; allerdings sind für eine endgültige Entscheidung dieser Frage weit eingehendere Studien nötig, als bisher vorliegen, aber immerhin ergeben sich schon jetzt einige wertvolle Anhaltspunkte. Die augenfälligste Erscheinung, die wir kennen gelernt haben, ist die Zunahme

der Wasserbedeckung im nördlichen Teile der nördlichen Halbkugel, wie sie ausführlich besprochen wurde. Die allgemeine Verbreitung dieser Erscheinung spricht in der entschiedensten Weise dagegen, daß wir es mit der Folge einer allgemeinen Senkung aller Festländer zu thun haben; welche Erklärung immer man den kontinentalen Hebungen und Senkungen geben mag, jedenfalls stimmt keine derselben mit einer so allgemeinen Verbreitung der Erscheinung über ein in dieser Weise begrenztes Areal. Wir hätten es geradezu mit einer Zunahme der Abplattung der Erde um den Nordpol zu thun, an welcher nur das Festland, nicht aber das Meer teilnimmt. Eine solche Annahme darf man einfach als eine Unmöglichkeit bezeichnen, und eine derartige Veränderung kann nur durch eine Verschiebung des weit beweglichern Elementes, des Wassers, bedingt sein.

Welcher Art diese Bewegung des Wassers gewesen ist, können wir allerdings vorläufig nicht mit Bestimmtheit entscheiden. Unter den verschiedenen Hypothesen, die in dieser Richtung aufgestellt worden sind, verdienen namentlich zwei eine hervorragende Beachtung. Die eine nimmt an, daß in langen Perioden das Wasser des Meeres bald mehr auf der nördlichen, bald mehr auf der südlichen Halbkugel angehäuft ist, die andre, daß das Wasser abwechselnd den beiden Polen und dann wieder dem Äquator zuströmt. Allein hier sind die vorhandenen Daten viel zu gering, um von diesem Standpunkte aus ein Urteil oder auch nur eine Vermutung zu gestatten. Wenn einmal die Juraablagerungen auf der südlichen Halbkugel besser bekannt sein werden, so können wir schon mit einiger Aussicht auf Erfolg an diese Frage gehen; vor allem aber wäre es von höchster Wichtigkeit, den geologischen Bau der um den Südpol gelegenen Länder kennen zu lernen. Während der Erforschung der nordpolaren Regionen die größte Aufmerksamkeit geschenkt wird und zahlreiche Expeditionen dorthin entsendet werden, ist dem antarktischen Polargebiete seit Jahrzehnten fast gar keine Beachtung zu teil geworden. Seit langer Zeit hat kein wissenschaftlich ausgerüstetes Expeditionsschiff in den furchtbaren Eisgürtel einzudringen vermocht, welcher jene unbekannten Regionen geheimnisvoll umgibt. Erst an zwei Punkten hat man bis jetzt dort das Land betreten, das in beiden Fällen aus alten Massengesteinen bestand. Allein es ist gar nicht zu erwarten, daß sich das überall so verhält, und es wäre für die Geologie von allergrößter Wichtigkeit, wenn von dort versteinerungsführende Ablagerungen bekannt würden. Man kann ungescheut behaupten, daß auf geologischem Gebiete durch eine Expedition in ferne Länder eine wichtigere Entdeckung überhaupt nicht zu machen ist.

Nach einer andern Richtung hin erhalten wir durch das Studium der Verteilung von Land und Meer zur Jurazeit interessante Aufschlüsse. Unter den verschiedenen Hypothesen, welche im Laufe der Zeit aufgestellt wurden, um die klimatischen Verhältnisse der Vorzeit zu erklären, befindet sich eine, welche den Verschiebungen der Festländer und Meeresbecken die größte Wirkung einräumt; diese Auffassung, welche sich lange Zeit eines sehr hohen Ansehens erfreute und auch heute noch viele Anhänger besitzt, geht von der Ansicht aus, daß sehr starke Umgestaltungen in dieser Richtung vor sich gegangen seien. Wenn nun während eines bestimmten Zeitraumes sich die Kontinente in hohen Breiten, in der Nähe der Pole, konzentrieren, so soll das für die ganze Erde kaltes Klima zur Folge haben, während im entgegengesetzten Falle der Gruppierung der Festländer um den Äquator die entgegengesetzte Wirkung zugeschrieben wird.

Die theoretische Grundlage dieser Anschauung ist schon mehrfach bestritten und von kompetenten Richtern die Ansicht ausgesprochen worden, daß die Anordnung der Kontinente eine derartige Wirkung überhaupt nicht ausüben könne, und wenn wir die Erscheinungen zur Jurazeit ins Auge fassen, so sehen wir diese Bedenken im vollsten Maße bestätigt. Zur Liaszeit finden wir ungeheure Ländergebiete im Norden trocken gelegt, dann wieder den größern Teil derselben unter Wasser gesetzt, so daß der Ozean um die Mitte der

oberjurassischen Zeit hier vielleicht die größte Ausdehnung besaß, die er seit dem Silur je besessen, und man sollte nun erwarten, daß diese gewaltigen Verschiebungen auch einen entsprechenden Einfluß auf das Klima geübt und sehr bedeutende Änderungen desselben mit sich gebracht haben. Wenn wir jedoch die Thatsachen ins Auge fassen, so ergibt sich, daß in Mitteleuropa, wo wir dieselbe genau verfolgen können, die Grenze zwischen der tropischen und der nördlich gemäßigten Zone sich gar nicht verschoben hat, sondern sich, soweit unsre Kenntnis reicht, während des ganzen Jura gleich geblieben ist. Auch in der Kreidezeit finden, wie wir später sehen werden, in dieser Richtung nur geringe Änderungen statt, und diese auffallende Beständigkeit der klimatischen Grenzen beweist uns auch die vollständige Unhaltbarkeit einer andern Hypothese, nach welcher die ganze Erdgeschichte von der kambrischen Formation bis heute durch eine sehr große Anzahl von Eiszeiten und mit ihnen alternierenden Interglazialzeiten ausgefüllt sein soll. Hätten thatsächlich solche während Jura und Kreide mehrfach miteinander abgewechselt, so müßten wir die Spuren davon in der Verbreitung der Organismen nachzuweisen im stande sein.

An nutzbaren Mineralien ist der Jura verhältnismäßig reich; in erster Linie zieht der große Kohlenreichtum unsre Aufmerksamkeit auf sich, der zwar nur zum geringen Teile in Europa liegt und daher noch wenig ausgebeutet ist, aber für die technische und kommerzielle Zukunft vieler asiatischer Länder von größter Bedeutung sein wird. Allerdings fehlen die Kohlen auch dem europäischen Jura nicht; wenig bedeutende Vorkommnisse finden sich im nördlichen Schottland, auf der Lofoteninsel Andö und auf Bornholm, auch die Alpen zeigen nur wenige Spuren einer Kohlenbildung in den Grestener Schichten Österreichs, etwas bedeutendere Entwickelung finden wir erst weiter im Osten bei Fünfkirchen in Ungarn, bei Steierdorf, Annina, Bersaska und andern Orten im Banate. Auch hier ist es Liaskohle, welche auftritt, sie bildet einen Vorposten der großen Entwickelung, welche diese weiterhin erreicht. Über ein ungeheures Areal, in der kaukasischen Region, Persien, Turan, Turkistan, im südlichen Sibirien, im Amurlande, in China, Japan, Tongking, Vorderindien, Neuholland und Neuseeland, finden sich jurassische Kohlen verbreitet, deren Alter genauer festzustellen häufig nicht möglich ist, von denen aber der größere Teil dem Lias angehören dürfte. Außer der alten Steinkohlenformation kann sich wohl keine andre Formation mit dem Jura an Menge der fossilen Kohle messen, und in der Güte nimmt das Material ebenfalls meist einen hohen Rang ein.

Von Erzvorkommnissen sind namentlich Eisensteine sehr verbreitet, und ihre Menge ist so groß, daß wir nur einzelne derselben hervorheben können: in Württemberg finden sich treffliche Eisenerze, welche in Wasseralfingen verhüttet werden, im untern Teil des mittlern Jura in der Zone des Harpoceras Murchisonae; große Erzlager enthält der Lias und mittlere Jura in Lothringen und in den benachbarten Teilen von Frankreich. Auch Edelmetalle fehlen durchaus nicht; in den südamerikanischen Anden ist der Jura reich an Silber, und in Australien und Kalifornien setzen goldführende Gänge in Schiefern auf, welche von vielen Seiten für jurassisch gehalten werden.

Überaus groß ist die Menge der als Bausteine wertvollen Kalke, vom roten Liaskalke der Nordalpen, dem roten Ammonitenkalke der Südalpen bis zum Portlandsteine Englands und den Oolithen in England und Frankreich. Ganz besondere Erwähnung aber verdient die Verwendung gewisser jurassischer Kalke auf einem ganz andern Gebiete. Es sind das die lithographischen Steine, welche alle aus dem obern Jura stammen; diese äußerst feinkörnigen Plattenkalke treten im obern Jura mehrfach auf, von Wichtigkeit sind aber nur die durch ihre wunderbare Wirbeltierfauna ausgezeichneten lithographischen Schiefer des untern Tithon, welche namentlich bei Cirin im Departement Ain in Frankreich, bei Nusplingen

in Württemberg und über ein größeres Areal verbreitet bei Solnhofen, Eichstätt ꝛc. in Bayern auftreten. An Feinheit des Kornes können die Schiefer von Cirin sich mit dem Solnhofener Steine wohl messen, allein sie brechen nicht in großen Platten und springen leicht, wenn sie beim Drucke einer stärkern Pressung unterworfen werden. So kommt es, daß die lithographischen Platten von Solnhofen, die alle erforderlichen Eigenschaften im vollsten Maße besitzen, seitdem Senefelder das lithographische Verfahren erfunden und mit ihnen zuerst angewendet hat, sich das Monopol auf dem ganzen Weltmarkte errungen haben.

---

6. Die Kreideformation.

Inhalt: Die weiße Schreibkreide. — Die Kreideformation. — Pflanzenwelt der Kreideformation. — Wirbellose Tiere der Kreideformation. — Wirbeltiere. — Verbreitung und Gliederung der untern Kreide. — Verbreitung und Gliederung der obern Kreide.

Die weiße Schreibkreide.

In einem ansehnlichen Teile von Norddeutschland, Nordfrankreich und England, in vielen Gegenden Rußlands, ferner an manchen Punkten von Syrien, Arabien und der Libyschen Wüste findet sich ein eigentümliches Gestein, die weiße Schreibkreide. Wo die Brandung des Meeres oder andre denudierende Kräfte mächtige Massen dieses Gebildes bloßlegen, da treten diese in riesigen, senkrechten Steilwänden auf, wie an der Stubbenkammer auf Rügen, an manchen Stellen der Inseln Seeland und Möen oder an der englischen Küste zwischen Dover und Brighton. Wo dagegen derartige bedeutende Aufschlüsse fehlen, bildet der Kreideboden in der Regel ein wenig abwechselndes, oft etwas hügeliges Land mit dürftiger Vegetation.

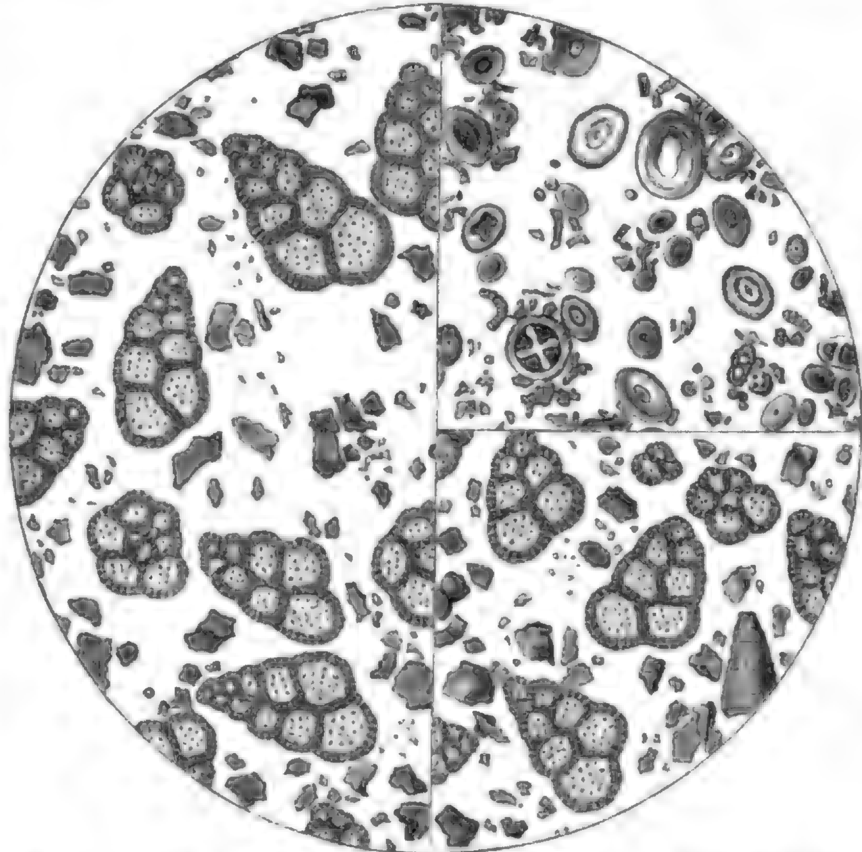
Die äußern Eigenschaften der Kreide sind allgemein bekannt; sie ist ein weißer, graulichweißer oder gelblicher, lockerer, zerreiblicher Kalk, welcher stark abfärbt. Die Form allerdings, in welcher dieser Körper im Haushalte des Menschen zur Verwendung kommt, weicht sehr erheblich von dem Vorkommen in der Natur ab. Hier enthält die Kreide stets Körner von Quarz, Kalkspat ꝛc., ferner Versteinerungen, für die technische Verwertung werden aber alle gröbern Teile bei der Verarbeitung durch einen Schlämmungsprozeß entfernt: die fein zerstoßene natürliche Kreide wird in fließendes Wasser gebracht, nur die staubfeinen Partikelchen werden von diesem weggeführt, und der Absatz aus dieser milchigen Flüssigkeit kommt zur technischen Verwendung. Die weiße Kreide bildet mächtige, an sich nahezu ungeschichtete Ablagerungen, in welchen eine Abteilung in Bänke nur dadurch hervorgebracht wird, daß in gewissen Abständen Lagen von dunkeln Feuersteinknollen eingeschaltet sind und an den hohen, weißen Wänden als zahlreiche dunkle Streifen erscheinen.

Die chemische Analyse der Kreide ergibt uns fast reinen kohlensauren Kalk. Weit interessantere Ergebnisse zeigt aber die mikroskopische Untersuchung[1]; dieselbe ergibt, daß wir es mit einem Haufwerke winziger organischer Reste zu thun haben, unter welchen Foraminiferengehäuse und die noch ungleich kleinern Kokkolithen oder Kernsteinchen (s. Bd. I, S. 580) weitaus die erste Rolle spielen. Eine ähnliche Zusammensetzung finden wir zwar auch bei

---

[1] Zu einer solchen Untersuchung darf man selbstverständlich nicht das geschlämmte Material der im Handel vorkommenden Schreibkreide verwenden, sondern das Gestein, wie es in der Natur auftritt; auch dieses zeigt nicht unmittelbar, sondern erst nach der Einbettung seiner Partikeln in Kanadabalsam seine eigentümliche Beschaffenheit.

mikroskopischer Prüfung von Dünnschliffen mancher dichter Kalke, was aber die Kreide auszeichnet, ist der lockere Zusammenhang der Teilchen, welche noch nicht durch Umkristallisierungsprozesse verbunden und undeutlich gemacht worden sind; nur eine gewisse Erhärtung hat stattgefunden, wir sehen ein nur wenig erhärtetes Foraminiferensediment vor uns, wie es sich heute in den Tiefen des Ozeanes bildet. Allerdings ist die Übereinstimmung der Kreide mit dem Tiefseeschlamme der jetzigen Meere keine vollständige; unter den Foraminiferen der erstern herrschen die Gattungen Textularia und Rotalia vor, während in dem letztern Globigerina und Orbulina die herrschenden Formen sind. Man könnte daraus schließen, daß in jener frühern Zeit eben Textularia und Rotalia allgemein die verbreiteten Foraminiferen des offenen Meeres waren, doch kennen wir schon aus erheblich ältern Formationen Globigerinenkalke, und es muß daher eine Faciesverschiedenheit noch nicht näher ergründeter Art die Ursache dieser Abweichung sein. Ja, man hat infolge dieser Erscheinung und einiger andrer Gründe angenommen, daß die weiße Kreide überhaupt keine Tiefseebildung darstelle, sondern in seichtem Wasser entstanden sei, aber die Belege, welche hierfür beigebracht worden sind, können in keiner Weise überzeugen. Es ist nämlich nicht nur die Zusammensetzung aus Foraminiferenschalen und Kokkolithen, welche für die Tiefseenatur dieser Bildung spricht, sondern auch die Natur der andern Versteinerungen, welche hier vorkommen, bestätigt diese Auffassung. Wie in dem Globigerinenschlamme der heutigen Meere, finden wir auch in der Kreide eine große Anzahl von Kieselschwämmen, wir treffen Seeigel, welche mit denjenigen des heutigen Globigerinenschlammes die nächste Verwandtschaft zeigen, ferner Krinoiden, zahlreiche Brachiopoden, und wenn auch unter den Muscheln gewisse Gattungen vertreten sind, die ihre Hauptentwickelung in seichtem Wasser besitzen, so sind dieselben doch in der Regel durch geringe Größe und Dünnschaligkeit in einer Weise ausgezeichnet, daß man daraus schließen kann, daß sie eben hier nicht unter den gewöhnlichen Verhältnissen lebten (s. obenstehende Abbildung).



Schlämmrückstand von weißer Kreide. (Nach Zittel.) Links aus Sussex; rechts unten aus der Libyschen Wüste (150fach vergrößert); rechts oben getrockneter Rückstand aus milchiger Kreideflüssigkeit (1200fache Vergrößerung).

Von andrer Seite wieder wurde die Bedeutung der Ähnlichkeit der Kreide mit dem Globigerinenschlamme unsrer jetzigen Meere entschieden überschätzt, man wollte daraus geradezu folgern, daß wir uns heute noch in der Kreideformation befinden. Eine solche Auffassung hat keine Berechtigung; wesentlich aus Globigerinen zusammengesetzte Kalke

kennen wir schon aus der Trias, und es ist auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß in manchen Meeresteilen eine ununterbrochene Ablagerung von Foraminiferensediment von der mesozoischen Zeit bis heute stattgefunden habe; aber die Zufälligkeit, daß uns ein solches Foraminiferensediment gerade hier sehr wenig verändert erhalten worden ist, hat doch gewiß mit der Zusammengehörigkeit zu einer geologischen Formation nicht das mindeste zu thun. Ebensogut könnte man aus der Ähnlichkeit mancher obersilurischer Korallenablagerungen mit den Bildungen an heutigen Riffen schließen, daß wir uns heute noch in der Zeit des Silur befinden.

Ein sehr eigentümliches Vorkommen in der weißen Kreide bilden die massenhaften Feuersteinknollen, welche wir in den jetzigen Tiefseebildungen nicht finden. Allerdings enthalten auch diese einen namhaften Kieselgehalt, welcher durch eine Menge von kieseligen Schwammnadeln, Radiolarien- und Diatomeengerüsten verursacht wird; während aber der Kieselgehalt hier durch das ganze Sediment gleichmäßig verteilt erscheint, ist derselbe in der Kreide selbst überaus gering, er ist ganz in den Feuersteinen konzentriert. Man hat daran gedacht, daß die Feuersteine die im Umrisse nicht mehr deutlich erkennbaren Körper von Kieselschwämmen seien, allein wenigstens unmittelbar ist eine solche Auffassung nicht haltbar; das lockere, aus zarten Nadeln aufgebaute Spongiengerüst enthält sehr viel weniger Kieselsäure als ein Feuersteinknollen von gleichem Umfange. Allerdings weist die mikroskopische Untersuchung nach, daß oft ein Schwammkörper Anlaß zur Feuersteinbildung gegeben, das Zentrum gebildet hat, an welches sich weitere Kieselsäure anlagerte; allein oft finden wir auch die ursprünglich kalkigen Gehäuse verschiedener Versteinerungen in Kiesel verwandelt oder noch weit öfter mit solchem ausgefüllt. Wir müssen annehmen, daß die ursprünglich durch die ganze Kreideablagerung verteilte Kieselsäure sich später unter der Einwirkung der im Gesteine zirkulierenden Wasser in gewissen Zentren vereinigt und hier die Feuersteine gebildet habe.

Die Kreideformation.

Es ist sehr natürlich, daß eine so auffallende Felsart wie die weiße Kreide sofort die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gezogen hat, und so finden wir denn frühzeitig eine Kreideformation erwähnt, ursprünglich mit dem Gedanken, daß diese Formation mit gleichen Merkmalen sich in einem bestimmten Niveau überall abgelagert habe. Daß dem nicht so sei, erläutert wohl schon die kurze Schilderung der weißen Kreide: wir haben in dieser ein ganz bestimmtes lokales Faciesgebilde kennen gelernt, das in andern Gegenden durch andre Ablagerungen von abweichender mineralogischer Beschaffenheit und andrer Versteinerungsführung vertreten wird. In der That ergab sich bald, daß die Kreide durch unreine und dichte Varietäten, durch die sogenannten Kreidemergel, in gewöhnliche dichte Kalke oder Mergel gleichen Alters übergeht, man entdeckte gleichzeitige Thon- und Sandsteinbildungen, aber trotzdem wurde derselbe Name beibehalten; später fand man dann, daß ein sehr mächtiges, vielgliederiges und versteinerungsreiches System von Ablagerungen, welches zwischen der weißen Kreide und dem obern Jura liegt, mit der erstern wenigstens innerhalb Europa viele Beziehungen und verwandtschaftliche Ähnlichkeit zeigt. Man stellte nun auch alle diese Bildungen, in welchen kreideähnliche Gesteine vollständig fehlen, ebenfalls zur Kreideformation, und so wurde dieser Name in sehr unpassender Weise ausgedehnt. Man darf wohl sagen, daß keine der Bezeichnungen für geologische Formationen so unglücklich gewählt ist wie diese; wohl haben wir etwas Ähnliches in der Steinkohlenformation, in welcher auch die Kohle nur einen sehr bescheidenen Teil der zusammensetzenden Gesteine ausmacht, aber hier kommen Kohlenflöze wenigstens von oben bis unten

in allen Horizonten vor, wenn auch nicht in allen in gleicher Häufigkeit. Bei der Kreideformation aber sehen wir das den Namen gebende Gestein ganz auf die oberste Region beschränkt; wäre der Name nicht so vollständig in Fleisch und Blut übergegangen, daß eine Änderung kaum mehr möglich ist, so wäre eine solche sehr wünschenswert. Der Geolog von Fach weiß allerdings genau genug, daß, wenn von Kreideschichten die Rede ist, dieselben weit öfter aus Thon, Schiefer, Sandstein, Kalk als aus wirklicher Kreide bestehen, und es kann das kaum mehr zu Irrungen Anlaß geben; um so störender muß aber dieser doppelsinnige Sprachgebrauch für denjenigen sein, der erst einigen Überblick über die Geologie zu gewinnen sucht. Wir werden, um Verwechselungen zu vermeiden, da, wo es sich

Die Bastei in der Sächsischen Schweiz. Vgl. Text, S. 344.

um das eigentliche, nur in der Oberregion der Formation in einigen Ländern vorkommende Kreidegestein handelt, immer den Namen weiße Kreide oder Schreibkreide gebrauchen, dagegen unter Kreide schlechthin die ganze geologische Formation mit allen ihren mannigfaltigen Entwickelungsarten verstehen.

Die einzelnen Glieder, welche heute unter dem Namen der Kreideformation vereinigt werden, sind ursprünglich sehr verschieden beurteilt und ihre Zusammengehörigkeit ist lange verkannt worden; in manchen Gegenden, namentlich in Sachsen und Böhmen, ist ein Teil der obern Kreide durch mächtigen Sandstein vertreten, welcher hervorragende Neigung zur quaderförmigen Absonderung zeigt und daher den Namen Quadersandstein erhalten hat. Diese Gestaltung wird durch das Vorkommen zahlreicher senkrechter Klüfte hervorgebracht, und diese bringen es auch mit sich, daß bei der Verwitterung und Denudation sehr leicht senkrechte Abstürze entstehen, daß inmitten eines der Zerstörung verfallenden Komplexes einzelne riesige, oft sehr schlanke Pfeiler stehen bleiben und auch sonst sehr eigentümliche

Digitized by Google

Verwitterungsformen hervortreten. Dieser Eigentümlichkeit verdankt die Sächsische und Böhmische Schweiz ihren landschaftlichen Reiz; die senkrecht abfallenden Felsklötze des Königsteins und Liliensteins, die kühnen Türme und Spitzen der Bastei (s. Abbildung, S. 343), die Säulen des Bieler Grundes, die vielgerühmten Adersbacher Steine in Böhmen, sie alle werden von dem Quader gebildet.

Vielfach in Verbindung mit diesem Sandsteine, oft aber, namentlich im nordwestlichen Deutschland, ohne solchen treten mehr oder weniger mergelige Kalke auf, welche den Namen Pläner, korrumpiert aus Plauener Stein, erhalten haben. Auch der Pläner, ebenso wie der Quader, wurde in früherer Zeit als selbständige Formation betrachtet; wir finden eine Quadersandstein- und eine Plänerformation in den damaligen Werken erwähnt. Bald aber erkannte man, daß alle diese Gebilde sowie die Schreibkreide geologisch und paläontologisch enge Verwandtschaft zeigen, in der That gehören sie alle dem obern Teile der Kreideformation an; dagegen wurden die Vertreter der untern Kreide, welche im nordwestlichen Deutschland auftreten, als selbständige Bildungen, als Hilskonglomerate und Hilsthone, aufgefaßt.

Im allgemeinen sind im nördlichen und mittlern Deutschland die Verhältnisse nicht danach angethan, um in einem frühen Stadium der geologischen Wissenschaft die Erkenntnis der Beziehungen und Reihenfolge der einzelnen Glieder zu erleichtern; vielfacher Facieswechsel und schlechte Aufschlüsse erschweren hier das Studium in hohem Grade. Günstigere Verhältnisse finden sich in England, wo zuerst die Reihenfolge der in diesem Lande vorhandenen Kreideablagerungen festgestellt wurde. Das tiefste marine Glied bildet hier der untere Grünsand, eine Bildung, welche für England von großer Bedeutung ist, weil sie für viele Gegenden und namentlich für die Umgebung von London den Hauptwasserhorizont bildet, welchen man bei artesischen Brunnenanlagen zu erbohren strebt. Dann folgt eine Thonbildung, der Gault, welcher an vielen Punkten durch die Menge seiner häufig mit prächtiger Perlmutterschale erhaltenen Versteinerungen ausgezeichnet ist; über diesen erheben sich nochmals Grünsandablagerungen, der obere Grünsand, dann unreine, mergelig-kreidige Kalke, der Kreidemergel, und endlich als das oberste Glied die weiße Kreide.

In ausgezeichneter Entwickelung ist die Kreideformation in Frankreich vertreten, und das Studium derselben führte dahin, nicht nur die lokale Schichtfolge zu erkennen, sondern die Grundzüge einer allgemeinern Gliederung festzustellen, in welche die einander entsprechenden, gleichalterigen Ablagerungen der verschiedensten Gegenden eingereiht wurden. Es ist das namentlich das Verdienst des unermüdlichen französischen Forschers d'Orbigny, welcher folgende Einteilung in Etagen gab:

7) Danien (nach Dänemark genannt).
6) Senonien (nach dem gallischen Stamme der Senonen).
5) Turonien (nach dem gallischen Stamme der Turonen).
4) Cenomanien (nach Cenomanum, Lemans, in Frankreich).
3) Albien (nach dem französischen Departement Aube).
2) Aptien (nach der Stadt Apt in Frankreich).
1) Neocomien (nach Neocomum, Neuchâtel).

Diese Einteilung ist vielfach umgestaltet, von manchen aber auch unverändert beibehalten worden; wir werden hier eine Gruppierung vornehmen, welche in einigen Punkten abweicht, indem das Danien wegfällt, das wahrscheinlich nur eine eigentümliche Entwickelung des obern Senon darstellt, und für den wenig gebräuchlichen Namen Albien die weit bekanntere Bezeichnung Gault annehmen, welche einem englischen Lokalnamen entlehnt ist. Wir unterscheiden demnach:

A. Obere Kreide.	B. Untere Kreide.
6) Senon.	3) Gault.
5) Turon.	2) Aptien.
4) Cenoman.	1) Neokom.

Innerhalb dieser sechs Hauptstufen ist wieder, wie innerhalb des Jura, eine sehr große Anzahl kleinerer Abteilungen unterschieden worden, die wir aber hier nicht alle anführen wollen; die Detailgliederung des Jura wurde mitgeteilt, um einmal ein Bild zu geben, wie weit die Forschung in die Einzelheiten eingeht, es würde aber dem Zwecke dieses Buches nicht entsprechen, in jeder einzelnen Formation diese letzten Glieder des Systemes anzuführen.

Pflanzenwelt der Kreideformation.

Ehe wir näher auf die Schilderung der Kreideformation in ihren geologischen Beziehungen eingehen, ist es auch hier wieder notwendig, die damalige Pflanzen- und Tierwelt kennen zu lernen, die jeder Epoche einen individuellen Charakter verleiht und den Leitfaden an die Hand gibt, um die gleichzeitigen Ablagerungen in verschiedenen Gegenden miteinander vergleichen zu können.

Da die Kreideformation sich unmittelbar an den Jura anschließt, so wird namentlich in den Grenzschichten der Unterschied in der Organismenwelt kein bedeutender sein, aber auch in den höhern Horizonten findet sich noch viele Verwandtschaft mit dem Jura. Die tiefgreifendste und wichtigste Umgestaltung findet ohne Zweifel unter den Pflanzen statt, der größte Umschwung seit der Kohlenformation vollzieht sich hier, wir treten in eine ganz neue Welt ein, indem hier zum erstenmal die eigentlichen Blütenpflanzen erscheinen und sofort das herrschende Element in der Vegetation werden. Die Flora der untern Kreide kennen wir allerdings nur von sehr wenigen Punkten, namentlich aus den sogenannten Wealdenbildungen von Norddeutschland und England und aus den dem obersten Neokom angehörigen Schiefern von Wernsdorf in den schlesischen Karpathen; hier weicht der Typus noch sehr wenig von demjenigen ab, den wir im Jura kennen gelernt haben, Baumfarne, Nadelhölzer und Cykadeen (Sagopalmen) bilden die eintönigen Waldbestände. Sowie wir uns aber an einer der weit zahlreichern Pflanzenfundstellen der obern Kreide umsehen, ist das Bild ein vollständig andres geworden: Farne, Nadelhölzer und Cykadeen treten stark zurück, und statt ihrer stellen sich in Menge die Blätter von Blütenpflanzen ein. Was uns dabei ganz besonders überrascht, ist die Wahrnehmung, daß nicht etwa zuerst einzelne Vorläufer der neuen Typen auftauchen, Formen, die von den jetzigen Vertretern weit abweichen, und in denen man entweder Sammeltypen vermuten könnte, welche die Charaktere mehrerer heute voneinander getrennter Familien in sich vereinigen, oder Übergangsformen, welche die neuen Gruppen mit geologisch ältern verbinden. Nichts derartiges ist zu bemerken, sofort erscheint ein ganzes Heer der verschiedenartigsten Formen, und unter diesen finden sich zahlreiche Vorkommnisse, welche mit den jetzt lebenden so nahe übereinstimmen, daß man ihre Zugehörigkeit zu heute noch vorkommenden Gattungen in keiner Weise bestreiten kann. Wohl sind auch ausgestorbene Typen vorhanden, so vor allen die großblätterigen Crednerien, die zu den charakteristischsten Pflanzen der Kreide gehören, und über deren verwandtschaftliche Beziehungen man noch nicht klar ist. Aber neben ihnen treten Tulpenbäume auf, die prachtvollen Magnolien Nordamerikas und Chinas sind sehr verbreitet, wir finden Eichen, Buchen, Weiden, Kirschbäume, Epheu, daneben echt tropische Gewächse aus den Abteilungen der Cäsalpinien, der Araliaceen, der Palmen ꝛc.

Kaum bei irgend einer Gelegenheit tritt die Schwierigkeit oder, richtiger gesagt, die Unmöglichkeit klarer hervor, aus der Pflanzenwelt ein sicheres Urteil über das Klima einer Periode zu fällen. Neben zahlreichen Kindern der heißen Zone finden wir die Tulpenbäume und Magnolien der warmen gemäßigten Gegenden und die Buchen, Weiden, Kirschen, Epheu und eine Reihe andrer, welche heute in denselben Gegenden fortkommen, in denen

wir ihre Fossilreste finden, und man könnte mit demselben Rechte aus dem Vorkommen der einen auf ein heißes wie aus dem der andern auf ein gemäßigtes Klima schließen. In Wahrheit ist es eben durchaus unzulässig, auf solcher Basis überhaupt Schlüsse abzuleiten, da eine Akklimatisation im Laufe langer geologischer Zeiträume stattfindet.

Weit wichtiger ist allerdings, was wir in dieser Beziehung von der geographischen Verbreitung der einzelnen Kreidepflanzen wissen, und hier treffen wir in der That auf überraschende Erscheinungen, welche in mancher Beziehung an das erinnern, was wir bei der Schilderung der Steinkohlenformation besprochen haben. Wir kennen zunächst die Flora der obern Kreide von einer Reihe von Lokalitäten in Europa, unter welchen die Vorkommnisse bei Aachen, in Westfalen, Sachsen, Schlesien und Böhmen, ferner bei Moletein in Mähren, am Harze und an einigen Punkten in Südfrankreich hervorragen; im westlichen Nordamerika finden wir in der wahrscheinlich ungefähr unsrer Cenomanstufe entsprechenden Dakotagruppe eine Flora, welche mit der europäischen verwandt ist; Tulpenbäume und Magnolien treten auch hier auf, daneben Eichen, Ficus, Platanen, Ahorne, Weiden, Birken und Buchen, aber auch Formen, welche spezifisch amerikanisches Gepräge tragen, wie Sequoja und Sassafras. Im ganzen sind tropische und subtropische Typen seltener als in irgend einer andern Ablagerung der obern Kreide.

Von größter Bedeutung sind die Funde reicher fossiler Floren aus der Kreideformation, welche durch die schwedischen Expeditionen unter Nordenskiöld aus dem nördlichen Grönland von der Halbinsel Nursoak und von der Insel Disko mitgebracht und durch die berühmten Untersuchungen von Oswald Heer in Zürich genauer bekannt wurden. Es treten dort pflanzenführende Kreideschichten in zwei verschiedenen Horizonten auf; der tiefere unter ihnen, den man mit dem Namen der Komeschichten belegt hat, enthält eine Flora, in welcher sich eine Menge von Farnkräutern, einzelne Bärlapp-Pflanzen und Schachtelhalme und eine ansehnliche Zahl von Sagopalmen und Nadelhölzern finden; dazu gesellen sich vereinzelte Reste von Gräsern und Binsen, Überbleibsel einer wahrscheinlich mit den baumartigen Liliengewächsen der Tropen verwandten Pflanze und endlich, bisher nur in einem Stücke vorhanden, die ältesten Reste einer dikotyledonen Pflanze, vermutlich einer Pappel. Abgesehen von dem Vorkommen zahlreicher tropischer Formen, überrascht die große Verwandtschaft dieser Flora mit derjenigen der untern Kreide in Europa und besonders mit derjenigen von Wernsdorf in den schlesischen Karpathen, mit welcher die Komeschichten eine kleine Anzahl übereinstimmender Arten gemein haben, und an die sie überdies das Vorhandensein zahlreicher nahe verwandter, stellvertretender Formen knüpft.

Ganz analoge Verhältnisse zeigt der jüngere pflanzenführende Horizont der grönländischen Kreide, die Schichten von Atane. Hier treten die dikotyledonen Pflanzen in Menge auf, neben ihnen finden sich in zweiter Linie Nadelhölzer, während Baumfarne und Sagopalmen eine verhältnismäßig sehr geringe Rolle spielen. Die Flora nähert sich sehr der obern Kreideflora von Europa und Nordamerika; Magnolien, Crednerien, Ficus-Arten, Sassafras, Pappeln sind auch hier vorhanden, und es finden sich auch tropische und subtropische Typen, zwar in geringerer Zahl als an den meisten europäischen Fundorten, aber doch reichlicher als in der Dakotagruppe in Nordamerika.

Endlich hat Nordenskiöld auf Spitzbergen eine Flora gefunden, welche derjenigen der Komeschichten auf Grönland sehr nahe steht. Wie schon erwähnt, dürfen wir auf das Vorkommen tropischer Typen in hohen Breiten kein großes Gewicht legen. Dagegen ist es eine Thatsache von größter Bedeutung, daß wir eine geradezu reiche und üppige Pflanzenwelt jenseit des Polarkreises zwischen dem 70. und 80.° nördlicher Breite finden, wo heute nur eine elende, krüppelhafte Vegetation ein kümmerliches Dasein fristet. Von nicht geringerer Wichtigkeit ist die große Ähnlichkeit dieser polaren Floren mit denen Nordamerikas und

Mitteleuropas, so daß ein Unterschied von 30 Breitengraden kaum eine merkliche Verschiedenheit hervorruft. Es sind das ganz ähnliche Verhältnisse, wie wir sie in der Steinkohlenformation kennen gelernt haben, und auch hier stehen wir ziemlich ratlos vor einem schwierigen Probleme; wir können sicher behaupten, daß damals in Grönland und Spitzbergen viel höhere Temperatur geherrscht hat als heute, die Ursachen dafür aber können wir noch nicht einmal ahnen.

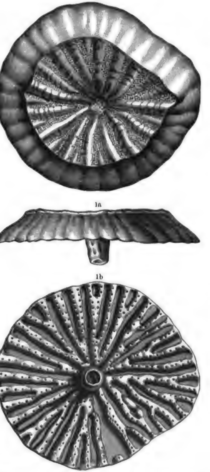
Das plötzliche Auftauchen der überaus reichen Oberkreideflora mit ihren durchaus neuen Typen und der großen Menge von Blütenpflanzen mit Beginn des Cenoman gehört zu den merkwürdigsten Erscheinungen in der Geschichte der Organismenwelt, und sie ist eins von jenen Vorkommnissen, welche die Gegner der Darwinschen Theorie mit Vorliebe als Argument gegen die allmähliche Umänderung der Organismen anführen. In der That wäre die Richtigkeit dieses Beweises nur schwer oder gar nicht zu bestreiten, wenn jede Gattung an dem Orte und um die Zeit entstanden wäre, wo wir sie zuerst treffen. Phänomene wie das plötzliche Erscheinen der Blütenpflanzen in Europa lassen sich ohne Zuhilfenahme eines unerklärlichen Schöpfungsaktes durch Wanderungen erklären; wir haben in einem frühern Abschnitte gesehen, daß in Indien und Australien sich gegen Ende der paläozoischen Zeit eine Flora entwickelt, welche erst in der mesozoischen Zeit in Europa erscheint, und ähnliche Verhältnisse müssen auch hier geherrscht haben, nur können wir heute noch nicht sagen, wo sich die Blütenpflanzen in vorcenomaner Zeit herangebildet haben; daß aber zur Kreidezeit ein Festland existiert haben muß, dessen Organismen wir noch nicht kennen, geht aus dem Verhalten der Säugetiere hervor; zur Jurazeit kamen solche mehrfach in Europa und Amerika vor, im Tertiär sind sie allgemein über alle Festländer der Erde verbreitet, aber in der Zwischenzeit, während der Kreideformation, kennen wir noch keine Spur von Säugern; trotzdem müssen sie auch zur Kreidezeit gelebt haben, da sie vorher und nachher vorkommen, allein in unsern Gegenden hat man noch keine Spur davon gefunden, und so müssen wir schließen, daß sie gleich den Blütenpflanzen einen Kontinent bewohnten, dessen damalige Fauna und Flora wir noch nicht kennen; auch das Vorkommen der Amphibien, von denen wir in den Kreideablagerungen Europas noch keine Spur kennen, weist darauf hin. Eine derartige Auffassung wird um so wahrscheinlicher, als gerade um die Mitte der Kreidezeit, wie wir sehen werden, eine der größten Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land stattfand, von denen die Erdgeschichte berichtet.

Übrigens muß man sich sehr hüten, die Angabe wörtlich zu nehmen, daß in vielen sehr weit voneinander entfernten Gegenden die Blütenpflanzen gleichzeitig erschienen seien. Wir finden eben im Westen von Nordamerika, in Grönland und in Europa in vieler Beziehung ähnliche Floren, daß dieselben aber wirklich geologisch gleichzeitig seien, schließen wir nur aus ihrer Ähnlichkeit; es ist möglich, daß sich diese Annahme später bestätigt, vorläufig aber ist es jedenfalls sehr unlogisch, aus der Übereinstimmung dieser Floren auf ihre Gleichzeitigkeit zu schließen und es dann sehr wunderbar zu finden, daß übereinstimmende Floren in weit voneinander entfernten Gegenden gleichzeitig auftreten. Es ist jedenfalls kein Beweis dafür vorhanden, daß nicht etwa die Tulpenbäume, Magnolien ꝛc. führende Flora in Amerika früher entstanden ist als in Europa oder umgekehrt.

Wirbellose Tiere der Kreideformation.

In ungeheurer Menge liefert uns die Kreideformation wirbellose Tiere des Meeres und wetteifert in dieser Beziehung mit der Juraformation. Die Urtiere oder Protozoen bieten wenig Anlaß zu Bemerkungen, wichtige neue Typen, welche dem Jura noch fremd wären, treten nicht auf, doch ist die Zahl der Arten, namentlich unter den Foraminiferen,

eine sehr große. In großer Menge begegnen uns Kieselschwämme in der weißen Schreibkreide und in vielen andern Ablagerungen im obern Teile der Formation, ja in Norddeutschland und England kommen ziemlich ansehnliche Schichten vor, die ganz aus den zarten Nadeln der Spongien aufgebaut sind. Viele der Kreideschwämme sind durch die Zierlichkeit ihres Baues ausgezeichnet, so die merkwürdigen, pilzähnlich gestalteten Cöloptychien (s. nebenstehende Abbildung), die Siphonien, welche mit einer Art Wurzel am Boden angeheftet sind und auf schlankem Stiele den eigentlichen Schwammkörper tragen, und zu ihnen gesellt sich noch eine große Menge andrer Formen.



Coeloptychium, aus der obern Kreide. (Nach Zittel.) 1. Von oben — 1a. von der Seite — 1b. von unten.

Die Korallen sind ebenfalls in reichlichster Menge vorhanden, und in den Hauptzügen ähneln die Kreideformen denjenigen des Jura; als ein eigentümlicher Typus, welcher für die oberkretacischen Bildungen der alpinen Region in hohem Grade charakteristisch ist, verdient die Gattung Cyclolithes (s. Abbildung, S. 349 oben) genannt zu werden, einzellige Arten mit eben ausgebreiteter, nicht geborrnter Zellwand und durch die ungeheure Menge der Sternlamellen ausgezeichnet. Die Gosau im Salzkammergute, Südfrankreich ꝛc. haben diese Formen in Menge geliefert, welche jedoch nicht, wie so viele andre Einzelkorallen, in der Tiefsee vorkommen, sondern in seichtem Küstenwasser oder auf Korallenriffen lebten. Ganz allgemein finden wir in der Verbreitung der letztern und überhaupt der großen, Stöcke und Rasen bildenden Korallen, daß sich im Verlaufe der Kreidezeit bedeutende Veränderungen zeigen. Im Jura waren Riffkorallen in der ganzen alpinen und mitteleuropäischen Provinz verbreitet, in der untern Kreide finden wir sie in Mitteleuropa nur selten, während sie hier zur Zeit der obern Kreide fast ganz verschwunden sind, in der alpinen Region aber in ausgezeichneter Entwickelung vorkommen.

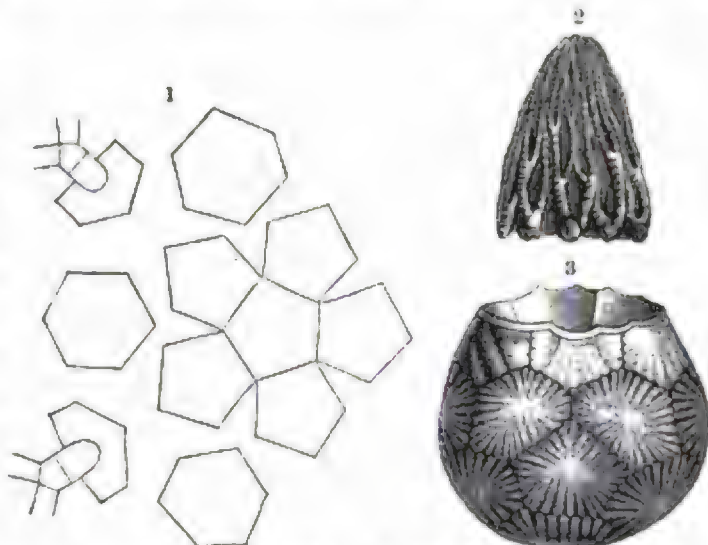
In dem großen Kreise der Echinodermen oder Stachelhäuter haben die Seelilien oder Krinoiden seit der Jurazeit stark abgenommen und spielen in der Kreideformation keine sehr große Rolle; besonders interessant ist unter ihnen das Auftreten einiger ungestielter Gattungen, welche durch ihre hohen und dünnen Täfelchen, durch den großen Hohlraum

Digitized by Google

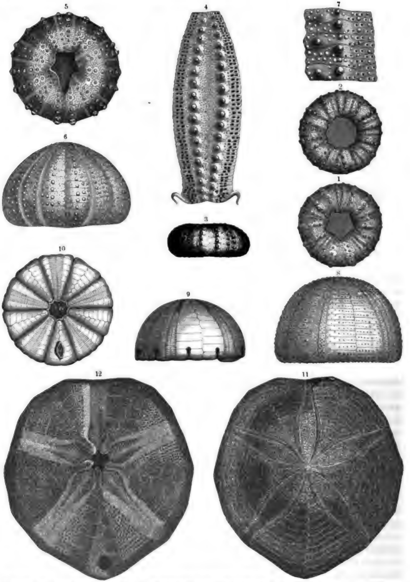
und den verwickelten Bau des Kelches in vieler Beziehung an die Krinoiden der paläozoischen Periode, die sogenannten Paläokrinoiden, erinnern; hierher gehört namentlich die Gattung Marsupites (s. untenstehende Abbildung), welche auch durch ihre weite geographische Verbreitung in Europa, Nordamerika und Indien auffällt.

Cyclolithes, aus der obern Kreide des Salzkammergutes: 1. Von unten — 2. von oben. Vgl. Text, S. 348.

Überaus wichtig sind die Seeigel, unter denen wir eine Reihe der wichtigsten Leitfossilien für verschiedene Kreidehorizonte finden. Die regulären Formen, deren Charaktere wir bei Schilderung der Jurafauna kennen gelernt haben, treten auch hier in großer Menge auf; unter ihnen sind die Cidariden mit schmalen, einfachen Ambulakren etwas schwächer vertreten als früher, während die Familie der Glyphostomen (s. die Abbildungen 1—7, S. 350) mit breiten, verwickelt gebauten Ambulakren und eckigem Munde, ferner die Saleniden mit einer zentralen Platte im Scheitelapparate sich in entschiedener Zunahme befinden. In kräftigem Aufblühen sind auch die irregulären Seeigel mit exzentrischem After begriffen; alle die schon im Jura vorhandenen Familien, die Pygasteriden, die Echinonier, Kassiduliden (s. die Abbildung von Pygurus, S. 350) und Disasteriden, sind auch in der Kreide vorhanden, und namentlich die Pygasteridengattung Discoidea (s. Abbildung, S. 350) und die Echinoniergattung Galerites gehören zu den charakteristischen Typen der obern Kreide. Außerdem treten aber schon in der untern Kreide zwei neue Familien von großer Bedeutung auf, nämlich die Ananchytiden und die Spatangiden. Bei beiden ist nicht nur der After, sondern auch der Mund exzentrisch gelegen, bei den erstern sind die Ambulakren einfach und verlaufen bandförmig vom Scheitel gegen den Mund, während sie bei den Spatangen um den Scheitel blumenblattförmig angeordnet sind.



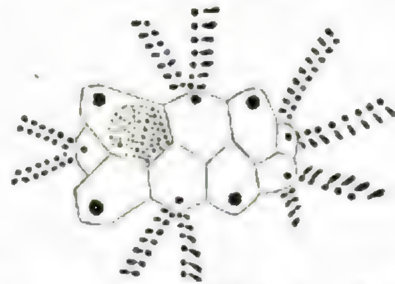
Marsupites ornatus, aus der obern Kreide. (Nach Zittel)
1. Schema des Kelchbaues. — 2. Arme. — 3. Kelch.



Seeigel der Kreideformation: 1–4. Pseudodiadema Bourgueti, aus dem Neokom. (Nach Cotteau.) — 5. Heterodiadema libycum, aus dem Turon. (Nach Cotteau.) — 6., 7. Stomechinus denudatus, aus dem Neokom. (Nach Cotteau.) — 8. Discoidea cylindrica, aus dem Senon, Schalenexemplar. — 9., 10. Dieselbe, Steinkern. (Nach Desor.) — 11., 12. Pygurus Montmolini, aus dem Neokom. (Nach d'Orbigny.) Vgl. Text, S. 349.

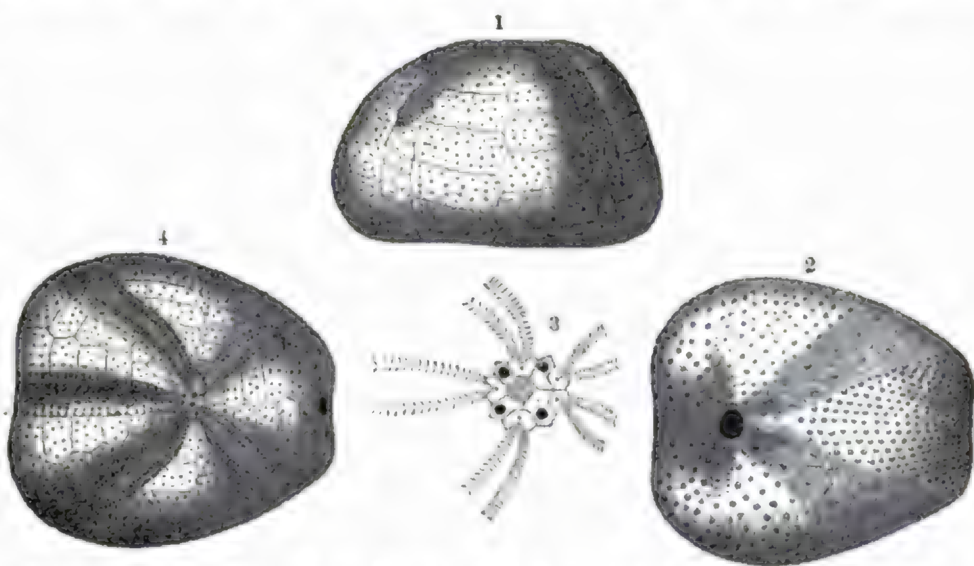
Digitized by Google

Vor allem sind es die Ananchyten, welche zu den ausgezeichnetsten Leitformen der Kreidezeit gehören. Schon in der untern Kreide erscheinen sie mit der Gattung Holaster, die sich in die obere Kreide fortsetzt und hier neben einer Reihe andrer, wie Ananchytes, Infulaster, Stenonia Hemipneustes 2c., auftritt; besonders der nebenstehend abgebildete Ananchytes ovatus gehört zu den bezeichnendsten Fossilien der weißen Schreibkreide und der ihr gleichzeitigen Bildungen. Merkwürdigerweise verschwinden diese in der Kreideformation so überaus häufigen Formen fast ganz, so daß das Vorkommen von Ananchytiden in der Tertiärformation zu den größten Seltenheiten gehört, und namentlich im jüngern Tertiär fehlen sie bis jetzt ganz. Auch in der Jetztwelt kannte man lange Zeit hindurch keinen Vertreter dieser Abteilung, bis die neuern Schleppnetzuntersuchungen plötzlich aus der Tiefsee eine ganze Menge hierher gehöriger Formen zu Tage förderten. Offenbar waren die Ananchytiden von jeher Tiefseetiere, und die außerordentliche Seltenheit derselben im Tertiär erklärt sich sehr einfach dadurch, daß wir aus dieser Formation Ablagerungen aus wirklich großen Meerestiefen nicht kennen.



Ananchytes ovatus, aus der obern Kreide. (Nach Desor.) Unten der sogen. Scheitelapparat desselben; vergrößert.

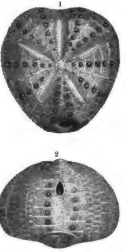
Ganz anders verhält es sich mit den Spatangen, welche zwar in der Kreide schon in ziemlicher Menge vorkommen, aber doch bei weitem nicht in dem Maße wie in den spätern Formationen, sie sind neben den später noch zu erwartenden Clypeastriden[1] in hervorragendem Maße die in tertiärer und jetziger Zeit noch in stetiger Zunahme begriffenen Seeigelfamilien; immerhin sind auch in der Kreide schon manche Spatangiden von großer Bedeutung; der für das Neokom



Toxaster complanatus, aus dem Neokom. (Nach Desor.) 1. Von der Seite — 2. von oben — 3. Scheitelapparat — 4. von unten. Vgl. Text, S. 352.

[1] Die ersten Spuren der Clypeastriden finden sich allerdings schon in der obern Kreide, doch werden wir dieselben erst bei der Schilderung der Tertiärfauna näher besprechen.

sehr bezeichnende Toxaster complanatus (s. Abbildung, S. 351 unten) hat einer bestimmten Ablagerung dieser Stufe geradezu den Namen Spatangenkalk verschafft, und für verschiedene Horizonte der obern Kreide sind die einzelnen Arten der Gattung Micraster in hohem Grade charakteristisch (s. nebenstehende Abbildung).



Micraster coranguinum, aus der obern Kreide: 1. Von oben — 2. von hinten. (Nach Desor.)

In ganz außerordentlicher Menge sind die Moosforallen oder Bryozoen in der Kreide und zwar vor allem in deren oberster Stufe, im Senon, vorhanden, die ganze Formation hat schon über 1000 Arten dieser Klasse geliefert. Die zierlichen Zellen dieser Tierchen bilden zarte, ästige, rindenartige oder moosförmige Kolonien, welche eine große Anzahl einzelner Individuen enthalten. In allen ältern Formationen dominieren vollständig solche Formen, bei welchen die Zellen röhrenförmig sind, mit endständiger Mündung, deren Durchmesser nicht verengert, sondern demjenigen der ganzen Zelle gleich ist; es sind das die sogenannten Cyklostomen, deren Vertreter heute ziemlich spärlich und fast ganz auf die nordischen Meere beschränkt sind. Nur ganz vereinzelt finden sich in alten Ablagerungen neben ihnen Repräsentanten eines zweiten Bryozoentypus, der Chilostomen, bei welchen die Mündung verengert ist und nicht an der Spitze der Zelle liegt, sondern etwas seitwärts von dieser; erst in der Kreideformation treten diese in größerer Zahl auf, wenn auch noch immer hinter den Cyklostomen zurückstehend, und nur in einzelnen der allerjüngsten Bildungen, z. B. in der noch über der Schreibkreide liegenden Tuffkreide von Maastricht, sind beide Abteilungen in ungefähr gleicher Stärke vorhanden.

Die Brachiopoden und speziell die Familien der Terebratuliden und Rhynchonelliden sind zwar in vielen Kreideablagerungen noch sehr häufig, und namentlich die erstern entwickeln eine ziemliche Mannigfaltigkeit einzelner Gattungen, im ganzen aber ist doch dem Jura gegenüber ein ganz entschiedener Rückgang zu bemerken.

Inoceramus concentricus, aus der obern Kreide. Vgl. Text, S. 353.

In ganz auffallender Menge treten uns in der Kreideformation Muscheln und Schnecken entgegen und spielen hier eine größere Rolle als in irgend einer der frühern Formationen. Wir sehen hier schon das Verhältnis angebahnt, welches bei den Tertiärbildungen in noch weit ausgesprochenerm Maße der Fall ist. Allerdings würde man irren, wenn man diese Erscheinung ganz oder auch nur zum größern Teile einer wirklichen Zunahme dieser Klassen in der jüngern Zeit zuschreiben wollte; eine solche findet allerdings statt, aber noch wesentlicher trägt zu dem Ergebnisse, welches eine Betrachtung unsrer Sammlungen liefert, der Umstand bei, daß aus jüngern Ablagerungen uns eine immer größere Anzahl von Seichtwasserbildungen bekannt ist, welche bekanntlich die Hauptwohnstätten von Muscheln und Schnecken bilden. Die Menge der einzelnen Formen ist hier eine so große, daß es durchaus unmöglich wird, auf einzelne derselben einzugehen; nur einige

der hervorstechendsten Züge mögen hier erwähnt werden. Unter den Muscheln ist zunächst die Gattung Inoceramus (s. Abbildung, S. 352 unten) zu nennen, welche eine Reihe der häufigsten und bezeichnendsten Leitmuscheln liefert. Die Schalen sind in der Regel etwas unregelmäßig oval geformt, bei den meisten Arten mit breiten, flachen, konzentrischen Falten bedeckt, das Schloßband in einer Reihe viereckiger Gruben angebracht. Vor allem aber ist die feinere Struktur der Schale charakteristisch, welche hier wie bei einigen wenigen verwandten Gattungen aus verhältnismäßig groben, zur Schalenoberfläche senkrecht stehenden Kalkspatprismen besteht, so daß die Schale an einem Bruche gestreift erscheint.

In großer Menge sind auch die Austern vorhanden, und manche unter ihnen gehören zu den sehr bezeichnenden Vorkommnissen, namentlich diejenigen Formen, bei welchen der Wirbel stark unsymmetrisch nach einer Seite eingerollt ist (Untergattung Exogyra, s. untenstehende Abbildung), ferner die Kammmuscheln oder Pecten, endlich hat die Gattung Trigonia, die wir schon zu den schönsten Muscheln des Jura gerechnet haben, noch eine Menge von Vertretern in der Kreide, die jedoch fast ausnahmslos neuen Gruppen angehören.

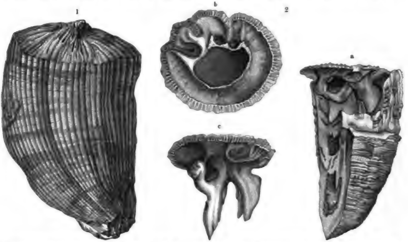
Exogyra columba, aus dem Cenoman.

So groß aber auch die Bedeutung dieser und andrer Typen in der Kreide sein mag, so kann doch keine von ihnen sich an Wichtigkeit und Interesse mit der Muschelfamilie der Rudisten[1] messen, welche wohl unter allen Organismenformen den eigentümlichsten Charakterzug der Kreideformation bilden. Noch nie ist ein Exemplar dieser Familie in ältern oder jüngern Ablagerungen gefunden worden, hier aber liegen sie in gewissen Schichten in ungeheurer Menge, oft zu Millionen angehäuft, beisammen. Allerdings ist das nicht überall der Fall, sondern die Rudisten sind nur in gewissen Faciesentwickelungen vorhanden und geographisch in ihrem Vorkommen beschränkt; in Europa sind sie in großer Menge nur in der alpinen Provinz gefunden worden, und auch hier sind sie im südlichen Teile am stärksten vertreten, während sie in der nördlichen Hälfte seltener und in den nördlichsten Ausläufern des Gebietes, speziell in den Nordkarpathen, nur spärlich sind; anderseits greifen sie aber doch auch in die mitteleuropäische Provinz, namentlich in den südlichen Teil derselben, über und finden sich namentlich in Böhmen und im mittlern Frankreich nicht eben selten, doch bleibt hier ihre Entwickelung sehr weit gegen diejenige in den alpinen Regionen zurück. Weiter gegen Norden fehlen sie entweder ganz, oder gehören, wie in Norddeutschland und England, zu den allerseltensten, durchaus isolierten Vorkommnissen.

Auch außerhalb Europas sind die Rudisten wesentlich dem äquatorialen Gürtel eigentümlich; Nordafrika, Kleinasien, Syrien, Persien, Afghanistan, Indien und Tibet sind durch

[1] Die Scheidung dieser kretacischen Formen in Chamaceen und Rudisten, wie sie die meisten neuern Paläontologen annehmen, kann kaum als natürlich angesehen werden, zumal das wichtigste Merkmal, das Fehlen des Ligamentes bei den Rudisten, sich durch die Untersuchungen von Pettö als hinfällig erwiesen hat. Wohl wird man in der großen Formenmenge, die sich zwischen Diceras, Chama und Hippurites einschiebt, Familien unterscheiden müssen, eine Abtrennung von Hippurites, Radiolites und Sphaerulites aber, die allen andern gegenübergestellt werden, wird kaum festgehalten werden können. Ohne ein solches Vorgehen vom paläontologischen Standpunkte aus als streng berechtigt bezeichnen zu wollen, fasse ich hier die sämtlichen kretacischen Formen von Caprotina und Monopleura bis Hippurites aus Gründen der Zweckmäßigkeit für die geologische Darstellung als Rudisten zusammen.

das reichliche Vorkommen derselben ausgezeichnet, während sie in der Neuen Welt im südlichsten Teile der Vereinigten Staaten, in Mexiko, Westindien und in dem nördlichen Teile von Südamerika massenhaft auftreten. Allerdings sind die Rudisten auch in der äquatorialen Zone nicht überall vorhanden, sondern nur da, wo bestimmte äußere Verhältnisse ihrem Vorkommen günstig waren. Daß sie Bewohner seichter Meere waren, beweist schon die außerordentliche Dicke der Schalen, wie sie nur Tieren eigentümlich ist, welche in bewegtem und selbst stark brandendem Wasser leben. Aber auch hier sind sie nur da in großer Menge zu finden, wo wenig oder gar kein mechanisches Sediment niederfällt, sondern mehr oder weniger reine Kalke sich bilden. Helle, mächtige, undeutlich geschichtete Kalke sind die Hauptfundstellen der Rudisten, sie spielen in diesen eine ähnliche Rolle wie die früher besprochenen Megalodonten zur Triaszeit, nur daß die Rudisten noch weit massenhafter aufzutreten pflegen.



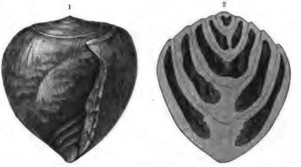
1. Hippurites cornu vaccinum, aus oberer Kreide des Salzkammergutes. — 2. Hippurites radiosus, aus der obern Kreide Südfrankreichs. (Nach Bayle.) a. Vollständiges Exemplar, aufgeschnitten. — b. Große Klappe, von oben gesehen (von innen). — c. Kleine Klappe mit den kolossal entwickelten Schloßzähnen.

Die dickschaligen Muscheln, welche wir hier als Rudisten zusammenfassen, erreichen in der obern Kreide ihre höchste Entwickelung; die Gattungen Sphaerulites, Radiolites und Hippurites, die extremsten Vertreter der Familie, sind hier in vollster Blüte, nur Sphaerulites kommt schon in unterer Kreide vor. Es ist natürlich nicht möglich, hier alle die vielen verschiedenen Gattungen zu schildern, nur die Gattung Hippurites (s. obenstehende Abbildung) mag als Beispiel dienen, ein Typus, an welchem die Muschelnatur kaum mehr kenntlich ist, und wir werden dann sehen, wie sich derselbe, durch Zwischenglieder verbunden, an die normalern Formen anschließt. Bei Hippurites sind die beiden Schalen sehr ungleich; die eine ist kegelförmig oder cylindrisch, meist sehr hoch und mit ihrem zugespitzten Ende an einem fremden Körper angewachsen, die andre bildet über jener einen ganz niedern, flachen Deckel. In der größern, kegelförmigen Klappe ist nur ein verhältnismäßig kleiner Wohnraum für das Tier vorhanden, der Rest besteht jedoch nicht aus massivem Kalke, sondern in der Kalksubstanz der Schale sind bedeutende Hohlräume vorhanden, welche oft sehr regelmäßig angeordnete, durch Querwände voneinander getrennte Kammern bilden. An der hintern Seite der Klappe befinden sich drei mächtige Längsfalten, welche tief ins Innere einspringen; dieses selbst

Digitized by Google

beherbergt Gruben zur Aufnahme der Zähne der kleinen Klappe, Ansätze für die Schließmuskeln ꝛc. Der an sich schon kleine Wohnraum wird noch sehr stark eingeengt durch die riesenhaften, zapfenartig vorspringenden Schloßzähne der kleinen Klappe, welche nicht, wie bei allen andern Muscheln, unmittelbar am Rande, sondern gegen die Mitte hin erscheinen. In der kleinen Klappe befindet sich ein verästeltes Kanalsystem, und die feinere Struktur der beiden Schalen ist eine sehr komplizierte und eigentümliche, auf deren Einzelheiten wir aber nicht näher eingehen können.

Es ist sehr begreiflich, daß so seltsam gestaltete Formen die Aufmerksamkeit der Paläontologen in hohem Grade beschäftigt haben, aber ebenso natürlich ist es, daß man sich über deren Deutung lange Zeit nicht einigen konnte, ja daß man auf die seltsamsten Vermutungen über deren Natur verfiel. Bald stellte man sie zu den Cephalopoden, bald zu den Brachiopoden, andre hielten sie für Korallen, wieder andre für Austern, für Tunikaten oder Manteltiere mit verkalkter Körperumhüllung oder für die Gehäuse von Krebstieren aus der Verwandtschaft der Meereicheln oder Balanen. Erst spät führte der Vergleich der extrem ausgebildeten Gattungen mit gewissen Zwischengliedern zu der richtigen Überzeugung, daß die Rudisten echte Muscheln sind und sich zunächst an die Gattung Diceras anschließen, welche wir als Bewohner jurassischer Korallenriffe kennen gelernt haben, während in der Jetztwelt die Gattung Chama, welche durch die bekannte Lazarusklappe der Konchylienliebhaber repräsentiert wird, den letzten schwachen Ausläufer dieses einst so hoch entwickelten Stammes darstellt.



Actaeonella, aus der obern Kreide (Gosaubildungen) des Salzkammergutes: 1. Normales Exemplar. — 2. Durchschnitt. Vgl. Text, S. 356.

Das geologische Vorkommen dieser Rudisten bildet wieder eine höchst auffallende und rätselvolle Erscheinung. In der untern Hälfte der untern Kreide noch durchaus nicht in sehr auffallender Weise vertreten, nehmen sie an Zahl der Individuen, an Mannigfaltigkeit der Typen, an Seltsamkeit der Entwickelung einen geradezu unerhörten Aufschwung, um dann gegen Ende der Kreidezeit fast mit einem Schlage plötzlich zu verschwinden. Die Ursache dieses jähen Verfalles zu erklären, sind wir durchaus unvermögend, jedenfalls aber macht sie diese Art der Verteilung für den Geologen überaus wertvoll, und wer je in den riesigen hellen Kalkmassen der Mittelmeerländer Geologie getrieben und sich zu orientieren versucht hat, weiß den unschätzbaren Wert zu würdigen, den diese leicht kenntlichen Formen als Leitfossilien haben.

Die **Schnecken**, wenn auch in bedeutender Menge vorhanden, können sich mit den Muscheln an Bedeutung in der Kreidezeit durchaus nicht messen. Ein großer Teil schließt sich eng an die jurassischen Formen an, so die Pleurotomarien mit ihrer geschlitzten Mündung, die Nerineen und eine große Anzahl andrer. Allein neben ihnen macht sich ein neues Element in der Fauna geltend, welches früher nur eine sehr untergeordnete Rolle gespielt hatte, später aber im Tertiär und in der Jetztzeit immer steigende Bedeutung erreicht. Es

Digitized by Google

sind das die sogenannten Kanaliferen, jene Formen, bei welchen der untere Teil der Mündung in einen mehr oder weniger entwickelten Kanal für die langen Atemröhren ausgezogen oder wenigstens ausgeschnitten ist. Vertreter der Volutiden, Muriciden, Fusiden, Bucciniden und zahlreicher andrer Familien aus dieser Abteilung, welche später eine sehr bedeutende Entwickelung finden, stellen sich namentlich in der obern Kreide in ziemlicher Anzahl ein.

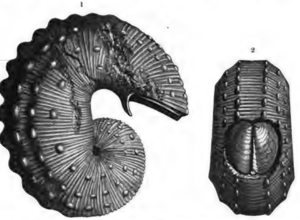
Übrigens hat die Kreideformation auch ihre eigentümlichen Typen, so namentlich die bauchigen, mit scharfen Spindelfalten am untersten Teile der Mündung versehenen Aktäonellen (s. Abbildung, S. 355), die getreuen Begleiter der Hippuriten, ferner die kegelförmigen Glaukonien (Omphalien), welche ebenfalls vorwiegend der alpinen Ausbildung eigen und durch weite geographische Verbreitung ausgezeichnet sind; erst kürzlich brachte einer jener Hindu, die von den Engländern in Indien zu geographischen Aufnahmen abgerichtet und dann in die den Europäern unzugänglichen Regionen Hochasiens geschickt werden, aus der Umgebung des geheimnisvollen Lhassa, der Hauptstadt von Tibet, ein paar Versteinerungen mit, die sich bei näherer Untersuchung als Glaukonien der obern Kreide erwiesen.

Crioceras Roemeri, aus der untern Kreide (Hilsthon) Norddeutschlands. Vgl. Text, S. 356 u. 358.

Die beschalten Cephalopoden entwickeln in der Kreideformation ihre letzte Blüte. Noch einmal überraschen uns die wunderbaren Gehäuse der Ammoniten durch ihre Pracht, und gerade hier treten sie uns in den seltsamsten und abenteuerlichsten Gestalten entgegen. In allen frühern Ablagerungen ist die spirale Einrollung bei der ungeheuern Mehrzahl derselben eine außerordentlich regelmäßige, nur äußerst selten treten einzelne Formen auf, bei welchen die einzelnen Windungen des Gehäuses sich nicht mehr berühren, turmförmig aufgerollt oder gerade gestreckt sind. Was bisher vereinzelte Ausnahme war, wird nun hier überaus häufig, lose Spiralen, deren Umgänge sich nicht berühren, turmförmig gewundene, hakenförmig gekrümmte, gerade gestreckte, durchaus unregelmäßig gebogene Schalen oder Gehäuse, in denen diese verschiedenen Ausbildungsarten sich kombinieren, treten in Menge und verwirrender Mannigfaltigkeit auf (s. Abbildungen, S. 356, 357). Ganz besonders seltsam wird aber diese Erscheinung dadurch, daß nicht etwa ein bestimmter Stamm der Ammonitiden diese Abänderungsrichtung einschlägt, sondern eine ganze Menge verschiedener Formenreihen aus den verschiedensten Abteilungen der Ammonitiden verläßt die gewohnte geschlossene, in einer Ebene aufgerollte Spirale und nimmt die abenteuerlichsten Gestalten an. Es ist, als ob plötzlich eine Epidemie unter diesen Tieren ausgebrochen wäre. Früher allerdings glaubte man, daß die sogenannten evoluten Ammonitiden, d. h. die Formen, welche die regelmäßige

Spirale verlassen, eine natürliche Familie bilden; allein eine schärfere Untersuchung der natürlichen Verwandtschaftsverhältnisse hat unwiderleglich gezeigt, daß wir es nur mit analoger Abänderung verschiedener Stämme zu thun haben. Eine Erklärung dieser Erscheinung können wir vorläufig durchaus nicht geben; man hat annehmen wollen, daß wir es darin mit einer Entartung des ganzen Ammonitengeschlechtes zu thun haben, welche dessen Untergange nach Schluß der Kreideformation vorausgeht und denselben einleitet, allein eine Reihe von Gründen, deren Erwägung allerdings nicht in den Bereich der geologischen Darstellung fällt, spricht sehr entschieden gegen eine solche Vermutung.

Die Ammonitenfauna der Kreide zeigt, auch abgesehen von dem Auftreten evoluter Formen, in vieler Beziehung ein Gepräge, das von demjenigen der jurassischen Vorkommnisse sehr erheblich abweicht; ungefähr auf der Grenze zwischen beiden Formationen erlischt eine Anzahl bis dahin sehr verbreiteter Gattungen, wie Stephanoceras, Perisphinctes, Simoceras, Aspidoceras, Harpoceras und Oppelia, während andre neu auftreten oder nach frühern wenig bedeutenden Anfängen hier zu starker Entfaltung gelangen. Man darf jedoch nicht etwa glauben, daß diese Veränderung genau mit der Grenze zwischen Jura und Kreide zusammenfällt, dieselbe ist im Gegenteile eine ganz allmähliche; manche Typen gehen allerdings gerade bis an diese Scheidelinie zwischen den beiden Formationen, ohne dieselbe zu überschreiten, aber die meisten sterben schon etwas vor Ende des Jura aus oder erhalten sich noch einige Zeit nach Beginn der Kreideformation, und in ähnlicher Weise verhält es sich mit dem Erscheinen der neuen Typen.



1. Scaphites spiniger mit 2. erhaltenem Aptychus, aus der obern Kreide Norddeutschlands. (Nach Schlüter.) Vgl. Text, S. 356 u. 358.

Unter den einzelnen Gruppen der Ammoniten begegnen uns zunächst wieder die durch den Bau ihrer Kammerscheidewände leicht kenntlichen Gattungen Phylloceras und Lytoceras, welche wir schon im Jura als charakteristische Typen der äquatorialen Region kennen gelernt haben, und welche auch in der Kreideformation vorwiegend in diesem Gebiete vorkommen. Die normalen Vertreter beider gehören zu den überaus konservativen Formen, so daß es auf den ersten Blick nicht leicht ist, Arten dieser Gattungen aus dem untern Teile des Jura von solchen aus der obern Kreide zu unterscheiden. In der Gattung Lytoceras finden wir aber neben diesen scheinbar starr gewordenen Typen andre, welche die größte Veränderlichkeit entwickeln, wir sehen hier das erste Beispiel von Kreideammoniten, welche die Spirale verlassen, und zwar sind es verschiedene Formenreihen der Lytoceraten, bei welchen wir diese Erscheinung finden. Am häufigsten treffen wir einfach oder doppelt hakenförmige (Hamites) oder gerade gestreckte Schalen (Baculites), ferner turmförmige Gehäuse (Turrilites), welche oft an ihrem untern Ende noch einen hakenförmigen Schaft

Digitized by Google

tragen. Seltener sind Spiralen, deren einzelne Umgänge sich nicht berühren, oder anfangs ganz normal aufgerollte Formen, welche im Alter plötzlich einen Schaft entwickeln. Allein so groß die Mannigfaltigkeit der Erscheinung auch sein mag, und wenn auch äußerlich zwischen einem Lytoceras, einem Hamiten und einem Turriliten überhaupt gar keine Ähnlichkeit mehr vorhanden scheint, so sind doch alle diese Formen durch Übergänge miteinander verbunden, und die charakteristische Gestalt der Kammerscheidewände mit den symmetrisch geteilten Loben und Sätteln (s. S. 283) drückt ihnen allen einen unverkennbaren gemeinsamen Charakter auf. Die Gattung Perisphinctes, welche im mittlern und obern Jura unter allen Ammoniten die herrschende gewesen war, verschwindet bald nach Beginn der Kreidezeit, aber an ihre Stelle treten andre, deren Abstammung von den Perisphinkten mit voller Sicherheit nachgewiesen werden kann, so: Olcostephanus mit Knoten an der Naht, von welchen Rippen ausstrahlen, und mit Einschnürungen auf den Windungen, Hoplites mit einer Furche auf der Außenseite, Acanthoceras und andre. Auch von diesen zweigen sich mannigfache Formen mit unregelmäßiger Spirale ab. An die Gattung Olcostephanus reihen sich die Skaphiten an mit anfangs normaler Einrollung, an die sich dann zum Schlusse ein kurzer, hakenförmiger Schaft schließt (s. Abbildung, S. 357). Ganz besondere Mannigfaltigkeit zeigt sich unter den von den Hopliten abzweigenden evoluten Formen, die man unter dem Gesamtnamen Crioceras zusammenfassen kann, für die aber eine größere Art von kleinern Gattungen aufgestellt worden ist. Besser als eine eingehende Schilderung werden die Abbildungen von Crioceras Roemeri (s. S. 356) und Crioceras Tabarellii (s. S. 371) eine Vorstellung von diesen merkwürdigen Formen geben, die namentlich in den ältern Kreidebildungen alle andern evoluten Formen an Häufigkeit und Schönheit übertreffen.

Belemnitella mucronata, aus der obern Kreide. Vgl. Text, S. 359.

Von andern Ammonitiden der Kreideformation sind noch die kräftig gekielten Schlönbachien zu nennen, die Haploceren, endlich die Amaltheen, welche hier namentlich wegen einer merkwürdigen Eigentümlichkeit das Interesse des Paläontologen erregen. Bekanntlich sind die ältesten Ammoniten mit sehr einfach gebauten Kammerscheidewänden ausgestattet, später werden die sogenannten Loben komplizierter, bis wir zu Formen mit sehr verwickelter Ausbildung gelangen. Neben den Gruppen aber, welche eine fortschreitende Entwickelung zeigen oder stationär bleiben, stellen sich in jüngern Ablagerungen solche ein, bei welchen nach Erreichung einer gewissen, meist ziemlich beträchtlichen Verzweigung der Loben eine ausgesprochene Rückbildung, eine Rückkehr zu einfachern Verhältnissen, sich geltend macht. Unter den verschiedenen Formengruppen, bei welchen dies der Fall ist, sind gewisse Typen am bemerkenswertesten, welche sich an die Amaltheen der Kreideformation anschließen, indem sich bei diesen die Reduktion der Loben so weit erstreckt, daß sie auf das sogenannte Ceratitenstadium zurückgehen, wie es die einfachsten Typen der Triaszeit zeigen. Diese sogenannten Kreideceratiten, welche in der obern Kreide von Südfrankreich, Algerien, der Libyschen Wüste, Syrien, Amerika ꝛc. vorkommen, erregten bei ihrem ersten Bekanntwerden großes Aufsehen, weil man Ammoniten mit derartigem Lobentypus ausschließlich auf die Triasformation beschränkt und für diese leitend hielt; aber auch heute noch erwecken sie als auffallende Beispiele rückschreitender Entwickelung bedeutendes Interesse.

Die Verteilung der Ammoniten in den Ablagerungen der Kreideformation ist übrigens eine sehr ungleichmäßige; in der untern Hälfte derselben sind sie in den meisten Gegenden sehr häufig, so daß sie an Menge kaum hinter dem Jura zurückstehen; dagegen nimmt

ihre Zahl in der obern Kreide stark ab, und wenn sie auch an manchen Punkten noch sehr häufig sind, so macht sich doch in ganz Europa gegen Ende der Kreide eine starke Abnahme bemerkbar. Allerdings gilt das nicht für alle Gegenden; es ist richtig für Europa, Nordafrika, das östliche Amerika, den größten Teil von Asien, dagegen finden wir in Südafrika, im südlichen Indien, in Japan, in der Amurgegend und in der Westhälfte von Nordamerika noch sehr reiche Ammonitenfaunen der obern Kreide, welche diejenigen Europas an Artenfülle bei weitem übertreffen.

Von andern Cephalopoden ist in der Kreideformation das Vorkommen mehrerer Nautilen zu nennen, vor allen aber sind die Belemniten von sehr großer Bedeutung. Manche von ihnen stehen jurassischen Typen sehr nahe, andre dagegen weichen von jenen sehr entschieden ab, so die plump und unregelmäßig geformten Verwandten des Belemnites dilatatus, vor allen aber die sogenannten Belemnitellen, die wir als Leitfossilien der obersten Kreide noch näher kennen lernen werden (s. Abbildung, S. 358).

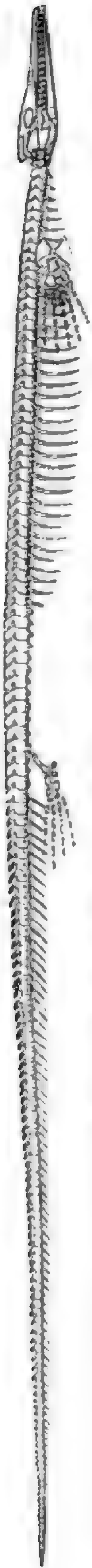
Unter den Krustaceen ist das massenhafte Auftreten kleiner Muschelkrebse in manchen Ablagerungen zu nennen, außerdem sind ziemlich zahlreiche langschwänzige Krebse zu erwähnen sowie die Krabben, welche hier zum erstenmal in größerer Anzahl vorhanden sind.

Im Gegensatze zu der großen Menge wirbelloser Tiere, die wir aus den Meeren der Kreidezeit kennen, ist das, was wir von den Bewohnern des Landes und süßen Wassers aus dieser Abteilung wissen, überaus dürftig; was von Insekten gefunden worden ist, ist sehr unbedeutend, Spinnentiere und Tausendfüße kennen wir gar nicht, nur die Mollusken haben eine Anzahl von Vertretern geliefert; die ersten etwas reichern Landschneckenfaunen stammen aus der obern Kreide, und diese sowohl als die sogenannten Wealdenbildungen an der Grenze gegen den Jura haben zahlreiche Süßwasserkonchylien geliefert, die wir später bei Besprechung dieser Ablagerungen noch kennen lernen werden.

Wirbeltiere der Kreideformation.

Von größter Bedeutung für den Charakter der ganzen Formation ist natürlich auch hier die Wirbeltierbevölkerung. Die wichtigste Änderung, welche auf diesem Gebiete gegenüber dem Jura hervortritt, finden wir bei den Fischen, eine Änderung, die wohl nicht so plötzlich und unvermittelt auftritt wie diejenige, welche wir bei der Pflanzenwelt kennen gelernt haben, aber an Bedeutung gegen diese nur wenig zurückbleibt. Seit der Devonzeit waren die Ganoiden mit ihren schmelzglänzenden Schuppen die wichtigsten Typen unter der Fischbevölkerung, die Haifische stehen neben diesen stark zurück, und erst im obern Jura erscheinen noch in ganz untergeordneter Stellung einige Formen, welche das Auftreten einer neuen Abteilung, der eigentlichen Knochenfische oder Teleostier, ankündigen, welchen die große Mehrzahl aller Fische im Tertiär und in der Jetztzeit angehört. Während der Kreidezeit geht der große Umschwung in dieser Beziehung vor sich, indem hier die Teleostier zuerst in größerer Anzahl auftreten, kräftig überhandnehmen und die Ganoiden vollständig in den Hintergrund zurückdrängen.

So wichtig diese Umgestaltung in ihren großen Hauptzügen auch ist, so bieten doch die einzelnen Formen der Teleostier, welche hier vorkommen, verhältnismäßig weniger Interesse; die Mehrzahl der Typen schließt sich an die jetzt lebenden so innig an, daß sie uns keine wichtige Erweiterung unsrer Kenntnis dieser wichtigen Klasse des Tierreiches bieten, und die Reste sind bisher noch keiner so eingehenden vergleichenden Untersuchung unterzogen worden, daß sie für die Stammesgeschichte einzelner Abteilungen der Knochenfische schon heute verwertet werden könnten. Am stärksten ist die Abteilung der Akanthopterygier


Clidastes, ein Mosasauride aus der obern Kreide von Nordamerika; sehr stark verkleinert. (Nach Cope)

vertreten, bei welchen die vordern Strahlen der Flossen soliden, nicht gegliederten Bau zeigen; unter ihnen sind die Beryciden hervorragend entwickelt, eine Familie, welche in der Jetztzeit keine sehr große Zahl von Gattungen umfaßt und in der Kreidezeit auf ihrem Höhepunkte angelangt ist, neben ihnen treten noch verschiedene andre Formen in geringerer Anzahl auf. Unter den Malakopterygiern, bei welchen alle Flossenstrahlen gegliedert sind, ist geringere Mannigfaltigkeit vorhanden, doch treten Heringe, Skopeliden, und andre Vertreter dieser Abteilung auf.

Als die wichtigsten Fundorte fossiler Fische der Kreideformation sind Sendenhorst in Westfalen, Comen bei Triest, die dalmatische Insel Lesina und einige Punkte im Libanon, endlich im Westen der Vereinigten Staaten von Nordamerika zu nennen, denen sich noch eine Reihe andrer von geringerer Bedeutung anschließt.

Die **Amphibien** fehlen der Kreideformation fast ganz; nach dem Erlöschen der Labyrinthodonten zu Ende der Trias fehlten im Jura alle Amphibien, und auch in der Kreide war bis vor kurzem keine Spur vorhanden, bis kürzlich in den obersten Ablagerungen derselben in Amerika einige spärliche Reste gefunden wurden, die sich den tertiären und lebenden Formen innig anschließen.

Von um so größerer Bedeutung sind dafür die **Reptilien**, deren Formenmenge und wunderbare Bildung mit der ihrer merkwürdigen Verwandten im Jura wetteifern. Ja, die Mannigfaltigkeit der Typen ist eine noch größere, indem alle Hauptabteilungen der Kriechtiere, die wir im Jura kennen gelernt haben, sich in die Kreide fortsetzen und sich noch zwei neue Gruppen dazu gesellen, nämlich die **Schlangen** und die **Mosasauriden** oder **Pythonomorphen**. Die erstern sind nur sehr schwach vertreten, dagegen finden wir in den letztern eine ausgestorbene, ganz auf unsre Formation beschränkte Abteilung, die durch die Zahl der verschiedenen Gattungen, die Eigentümlichkeit ihres Baues und die gewaltige Größe ihrer Angehörigen hervorragt. Die Mosasauriden waren ausschließlich Meeresbewohner von überaus langgestrecktem, schlankem Baue, mit verhältnismäßig sehr kleinem, spitzem Kopfe, langem, sehr gestrecktem Rumpfe und mit riesigem Schweife, die in ihren Körperverhältnissen fast an Schlangen erinnerten, und die größten unter ihnen, die an Länge nicht viel unter 30 m zurückgeblieben zu sein scheinen, gemahnten am meisten unter allen Geschöpfen, die je gelebt haben, an die phantastische Gestalt der **Seeschlange**. Der Leib war mit Schuppen und vielleicht auch mit Panzerplatten bedeckt, die Füße waren als verhältnismäßig schwache Ruderflossen entwickelt, die in ihrem Baue an diejenigen von Plesiosaurus erinnerten (s. nebenstehende Abbildung).

Sehen wir mit Staunen die merkwürdige Erscheinung dieser Ungeheuer, so fesselt den Paläontologen noch mehr die merkwürdige Vereinigung verschiedener Mermale an diesen Tieren, bei welchen wir in seltsamer Weise Anklänge an sehr verschiedene Reptilformen, an Eidechsen, Schlangen und Plesiosaurier, entdecken. Während an die letztern die Form der Extremitäten erinnert, treten die verwandtschaftlichen Beziehungen zu Eidechsen und Schlangen vor allem im Baue des Schädels deutlich hervor. Namentlich ist das mit einem Merkmale ersten Ranges, mit der Verbindung zwischen Unterkiefer und Schädel, der Fall; der Unterkiefer steht in Gelenkverbindung mit dem sogenannten Quadratbeine, und dieses selbst ist wie bei Schlangen und Eidechsen in Gelenkverbindung mit dem Schädel, während

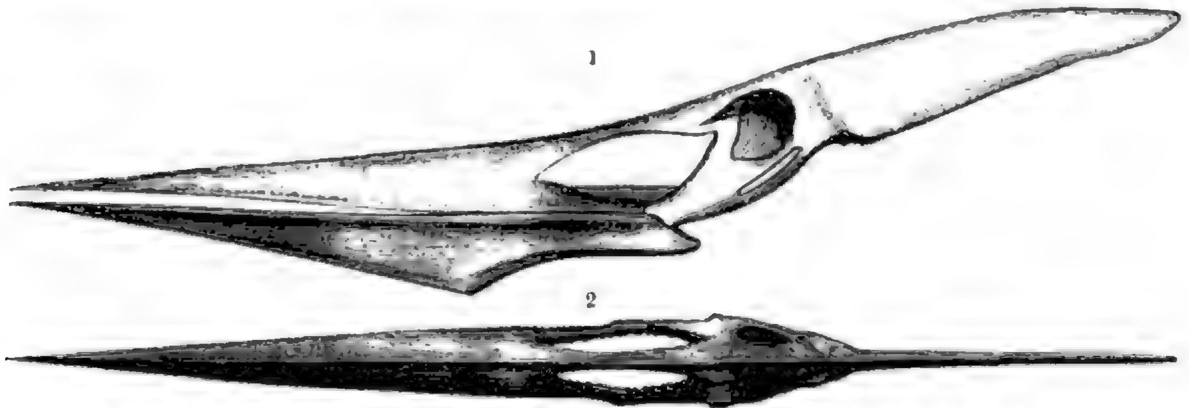
es mit diesem bei allen andern Reptilien fest verwachsen ist. Zähne sind sowohl in den Kiefern als am Gaumen vorhanden und in sehr eigentümlicher Weise befestigt, indem jeder Zahn mit einem eignen Knochensockel auf dem Kiefer verwachsen ist. Der Bau des Unterkiefers und die am hintern Ende des Schädels weit vorspringenden Hinterohrknochen (Opisthotica) erinnern an Schlangen, während das Vorhandensein eines Loches im Scheitelbeine und andre Charaktere sie an die Eidechsen knüpfen. Mit diesen letztern ist überhaupt die Verwandtschaft der Mosasauriden am nächsten, wenn auch deren Eigentümlichkeit jedenfalls so bedeutend ist, daß wir sie als eine selbständige Ordnung der Reptilien betrachten müssen.

Die ersten Reste des riesigen Mosasaurus, bedeutende Fragmente eines gewaltigen Schädels, wurden in einem Steinbruche in der obersten Kreide des Petersberges bei Maastricht gefunden. „Ein Dr. Hofmann ließ das Stück mit vieler Mühe und Kosten heben und ausarbeiten. Der Fund machte Aufsehen und erregte den Neid des Steinbruchbesitzers, des Kanonikus Godin, der das Stück reklamierte, und dem es auch vom Gerichte zugesprochen wurde. Als im Jahre 1795 die Truppen der französischen Republik das Fort St.-Pierre bombardierten, befahl der General, der um den wissenschaftlichen Schatz im nahen Hause des Kanonikus wußte, dasselbe zu schonen. Dieser, nicht weniger um seinen Schatz besorgt als der General und wenig erbaut von dessen rücksichtsvoller Aufmerksamkeit, ließ es bei Nacht in der Stadt verstecken und hoffte so nach der Übergabe des Platzes sein Stück zu retten. Vergeblich! Der Volksrepräsentant Freycine verstand, hinter das Geheimnis des Geistlichen zu kommen, und ließ öffentlich den zweiten Entdeckern des Sauriers 600 Flaschen Wein zusichern. Das wirkte unwiderstehlich, schon am nächsten Morgen brachten zwölf Grenadiere im Triumphe das Stück, um ihren Lohn zu empfangen. Seither ist dasselbe im Jardin des Plantes zu Paris und Gegenstand der eingehendsten Untersuchungen der Gelehrten.“ (Fraas.) In Europa ist seither kein so schöner Mosasaurridenrest mehr gefunden worden, wenn auch an einzelnen Punkten, namentlich in England, noch einiges zu Tage gekommen ist. Um so größer war das Erstaunen, als es sich zeigte, daß diese bei uns so seltenen Tiere in manchen Teilen Nordamerikas in großer Menge vorkommen. Schon vor einer längern Reihe von Jahren wurden in der obern Kreide der östlichen Vereinigten Staaten, in New Jersey, Knochen von Mosasauriern gefunden, in staunenswerter Zahl aber hat man sie in den letzten Jahren im Zentrum der Union, in Kansas, entdeckt. Durch die Bemühungen der amerikanischen Paläontologen und namentlich von Cope kennt man jetzt aus Nordamerika nicht weniger als 6 Gattungen mit 51 Arten von Mosasauriden.

In den andern Abteilungen der Reptilien bietet die Kreideformation nicht sehr viel, was wir eingehender zu erwähnen brauchten, zumal wir bei der Schilderung der Jurafauna schon vielfach auf diese Formen Rücksicht genommen haben. Das gilt vor allem von den riesigen Dinosauriern, welche auch hier sehr verbreitet vorkommen und in Europa namentlich in den Wealdenbildungen und dem Cenoman von England sowie in der obern Kreide der Neuen Welt bei Wiener-Neustadt auftreten; allein auch in dieser Beziehung haben die westlichen und mittlern Teile der Vereinigten Staaten sehr viel mehr Material geliefert als unsre Gegenden. Die Ichthyosaurier und Plesiosaurier sind auch in der Kreide noch vorhanden, aber sehr viel spärlicher als im Jura; Krokodile, Eidechsen und Schildkröten treten vielfach auf und nähern sich den jetzt lebenden Vertretern dieser Abteilungen schon bedeutend mehr als die Formen des Jura. Von den merkwürdigen Pterodaktylen oder Flugsauriern hat zwar die Kreide noch nirgends so vollständige Reste geliefert, wie sie im obern Jura von Solnhofen vorkommen, überall hat man nur an verschiedenen Punkten isolierte Knochen gefunden. Dafür erreichen aber die Flugsaurier der Kreide eine Größe, welche bei ihren jurassischen Vorfahren unerhört ist; schon aus England lernte man einige ganz gewaltige Knochen kennen, in der amerikanischen Kreide aber hat man

Teile der Hand gefunden, welche auf die ganz enorme Flügelspannweite von 8 m schließen lassen, also fast doppelt so groß wie die des Albatros, welcher unter allen lebenden Vögeln in dieser Beziehung obenan steht. Am verbreitetsten scheint die Gattung Pteranodon zu sein, welche zunächst durch den Mangel an Zähnen charakterisiert wird, aber auch außerdem durch die höchst seltsame Gestalt des Schädels, wie ihn die untenstehende Abbildung zeigt, in auffallender Weise ausgezeichnet ist. Die Schädelkapsel ist sehr klein, der Gesichtsteil riesig verlängert, mit enormem, geradem, spitzem Schnabel; über und hinter der Schädelkapsel erhebt sich ein Knochenkamm (Sagittalkamm) von riesiger Entwickelung, welcher bestimmt gewesen zu sein scheint, dem mächtigen Schnabel das Gleichgewicht zu halten und es dadurch dem Tiere zu erleichtern, seinen Kopf in horizontaler Lage zu tragen. Durch diese Eigentümlichkeiten erhält der Schädel ein überaus seltsames und unproportioniertes Aussehen, und man kann wohl sagen, daß dies der sonderbarste Schädel ist, der im ganzen Bereiche der Vertebraten vorkommt.

Die höchste Stelle unter den Wirbeltieren der Kreideformation, die wir bis jetzt sicher kennen, nehmen die Vögel ein, unter denen ebenfalls die Vorkommnisse aus Nordamerika von



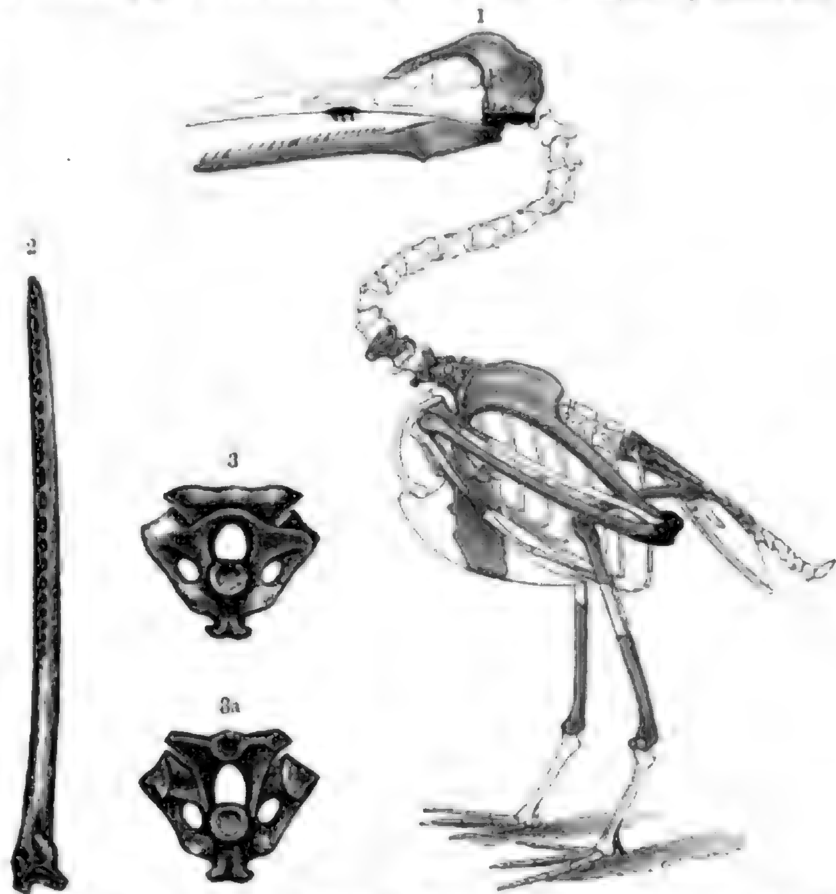
Schädel von Pteranodon, aus der obern Kreide von Nordamerika. (Nach Marsh.) 1. Ansicht von der Seite — 2. von oben.

allergrößter Bedeutung sind; abgesehen von unvollkommenen Resten aus der obern Kreide von New Jersey sind in Kansas und Colorado wunderbare Überbleibsel von mehreren Gattungen gefunden worden, so daß deren Skelet vollständig rekonstruiert werden konnte, während aus Europa nur spärliche und wenig bedeutende Vorkommnisse aus Böhmen und aus England zu nennen sind.

In der Jetztwelt unterscheidet man unter den Vögeln zwei Hauptgruppen, welche den Namen der Carinaten und der Ratiten erhalten haben. Die erstere Abteilung umfaßt die große Mehrzahl aller Vögel, bei welchen im Federkleide ein Unterschied zwischen den weichen, den Körper unmittelbar umgebenden Daunen oder Flaumen und den straffen, mit zusammenschließender Fahne versehenen Konturfedern hervortritt. Die Flügel sind gut entwickelt, und für den Ansatz der kräftigen Muskulatur, welche dieselben zu bewegen bestimmt ist, findet sich in der Mitte des Brustbeines ein stark vorspringender Kiel. Im Gegensatze dazu fehlen den Ratiten, wohin Strauße, Kasuare und ihre Verwandten gehören, die eigentlichen Konturfedern, ihr lockeres Federkleid entspricht in seiner Entwickelung der Flaumdecke der Carinaten, die Flügel sind rückgebildet, und da eine kräftige Flugmuskulatur nicht vorhanden ist, so fehlt auch der Kiel auf dem Brustbeine, und auch sonst zeigen die beiden Abteilungen in ihrem Baue beträchtliche Unterschiede.

Schon in der Kreidezeit finden wir zwei Typen von Vögeln, welche in ähnlichem Verhältnisse zu einander stehen wie die Ratiten und Carinaten der Jetztzeit; wohl kennen wir die Federn dieser Tiere nicht, aber das gekielte Brustbein und die wohl entwickelten Flügel

von Ichthyornis und Apatornis lassen uns deutlich den Carinatentypus erkennen, während der mächtige Hesperornis durch rudimentäre Flügel und kielloses Brustbein sich den Ratiten anschließt. Allerdings sind diese Vögel der Kreidezeit durch eine Reihe von Merkmalen, vor allen durch den Besitz von echten Zähnen in den Kiefern, von ihren jetzt lebenden Verwandten sehr verschieden, doch können wir in ihnen mit vieler Wahrscheinlichkeit die Vorfahren jener zwei noch lebenden Abteilungen erkennen. Ichthyornis und Apatornis sind ziemlich kleine Vögel, ungefähr von der Größe einer Taube oder etwas kleiner, mit mächtigen Flügeln und schwachen Beinen (s. untenstehende Abbildung); in der Mehrzahl der Merkmale schließen sie sich an jetzt lebende Formen, z. B. an die Seeschwalben (Sterna), an; allein das Gehirn ist bei jenen viel weniger entwickelt, die Form der Unterkiefer schließt sich an diejenige an, welche wir bei Reptilien gewohnt sind, und sowohl der Ober- als der Unterkiefer tragen echte, aus Zahnsubstanz (Dentin) und Schmelz bestehende Zähne, welche in eignen Zahngruben eingekeilt sind. Endlich zeigt die Wirbelsäule eine höchst merkwürdige Eigentümlichkeit: die einzelnen Wirbel haben zwar in ihrem Gesamtbaue den bei den Vögeln gewöhnlichen Typus, aber die Gelenkflächen der Wirbelkörper sind vorn und hinten konkav; es ist das ein Merkmal, das sonst nur bei niedrig organisierten Wirbeltieren auftritt; in der Jetztwelt finden wir dasselbe bei Fischen, den niedrigern Amphibien und bei wenigen Reptilien, in der Vorwelt sehen wir dasselbe auch bei der Mehrzahl der geologisch alten Reptilien, hier nun, bei Ichthyornis, tritt dasselbe auch noch bei einem Vogel auf, der in den meisten Teilen seines Baues sich den jetzt lebenden Typen aufs innigste anschließt.



Ichthyornis, aus der obern Kreide von Nordamerika. (Nach Marsh.) 1. Ganzes Skelet (restauriert). — 2. Unterkiefer ohne Zähne, von oben gesehen. — 3, 3a. Ein Rückenwirbel von oben und von unten, mit der ausgehöhlten Gelenkfläche.

Ein ganz andres Bild erhalten wir bei Betrachtung des ungeflügelten Hesperornis (s. Abbildung, S. 364), den Marsh als einen wasserbewohnenden, fleischfressenden Strauß bezeichnet. Es ist das ein großer Vogel, welcher fast 1 m hoch wurde, und dessen Skelet ausgestreckt von der Schnabelspitze bis zum Ende der Zehen gegen 2 m maß, mit kräftigen, zum Rudern im Wasser ausgezeichnet eingerichteten Beinen und aufrechter Körperhaltung, wie wir sie bei manchen lebenden Schwimmvögeln, bei Haubentauchern, Alken, Pinguinen rc., finden. Das Becken war dem der straußartigen Vögel verwandt, aber reptilähnlicher als das irgend eines lebenden Vogels; das Brustbein stellt einen breiten, flachen Knochen ohne Kiel dar, während die Flügel auf einen rudimentär entwickelten Oberarmknochen beschränkt

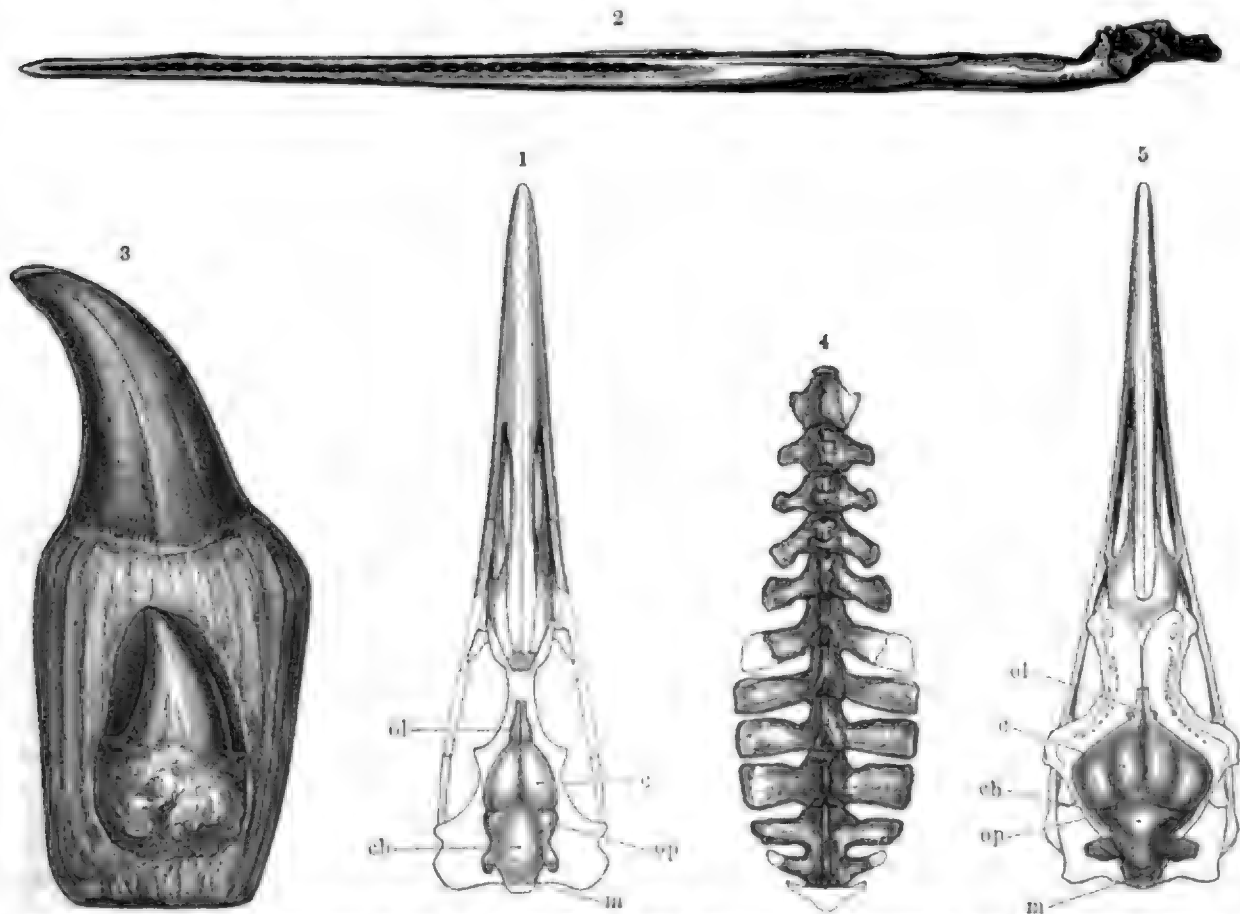
gewesen zu sein scheinen. Die Schwanzwirbel, in der hohen Zahl von zwölf vorhanden, sind teilweise durch ihre mächtigen Querfortsätze ausgezeichnet, so daß ein kurzer, breiter Schwanz, ähnlich dem eines Bibers, vorhanden war, der als mächtiges Ruderorgan dienen

Hesperornis regalis, aus der obern Kreide von Nordamerika; restauriertes Skelet. (Nach Marsh.) Vgl. Text, S. 363.

konnte. Zähne hatte Hesperornis in großer Zahl, im ganzen Unterkiefer und im hintern Teile des Oberkiefers, während der vordere Teil des letztern wie bei den lebenden Vögeln mit einem Hornschnabel bewehrt gewesen sein mag. In hohem Grade auffallend ist die Art, in welcher die Zähne dem Kiefer eingefügt waren, indem nicht für jeden derselben eine

besondere Grube vorhanden war, sondern auf der Kante jedes Kiefers eine langgestreckte, gemeinsame Furche verlief, in welcher alle Zähne staken, eine eigentümliche Einrichtung, wie wir sie früher bei Ichthyosaurus kennen gelernt haben. Auch der Zahnwechsel von Hesperornis konnte beobachtet werden, welcher wie bei den Reptilien vor sich geht. Das Gehirn ist im Vergleiche zu lebenden Vögeln sehr wenig entwickelt, wie die untenstehende Abbildung zeigt.

Die Zahl der Arten von Vögeln, die aus der obern Kreide erwähnt werden, beträgt nur etliche zwanzig, und nur zwei Gattungen derselben, Hesperornis und Ichthyornis,



Hesperornis regalis, aus der obern Kreide von Nordamerika. (Nach Marsh.) 1. Schädelumriß mit eingezeichnetem Gehirne: ol Riechlappen; c Großhirn; op Sehlappen; cb Kleinhirn; m verlängertes Rückenmark. — 2. Unterkiefer von oben (ohne Zähne). — 3. Zahn von Hesperornis mit dem Keime eines Ersatzzahnes (stark vergrößert). — 4. Endigung der Wirbelsäule. — 5. Schädelumriß des lebenden Haubentauchers (Colymbus torquatus) mit eingezeichnetem Gehirne (zum Vergleiche mit Fig. 1. Bedeutung der Buchstaben dieselbe).

sind näher bekannt durch Reste, welche den größern Teil des Skeletes umfassen. Aber diese zwei Typen bieten untereinander ebenso große Verschiedenheiten in ihrem Baue, wie sie heute innerhalb der ganzen Klasse der Vögel vorkommen. Aus dem Umstande, daß schon damals ein so hoher Grad von Differenzierung herrschte, dürfen wir mit Sicherheit schließen, daß nicht etwa nur eine sehr beschränkte Zahl von Formen bekannt war, sondern daß schon eine sehr reiche und mannigfaltige Vogelfauna existierte, von der wir eben nur einen verschwindend kleinen Teil kennen.

Von dem Vorhandensein von Säugetieren zur Kreidezeit wissen wir noch durchaus nichts Bestimmtes. In neuester Zeit ist allerdings bekannt geworden, daß Reste von solchen in Nordamerika in den sogenannten Laramieschichten gefunden worden seien. Es sind das auf der Grenze zwischen Kreide und Tertiär gelegene Brackwasserablagerungen, welche von den amerikanischen Geologen bald zu der einen, bald zu der andern Formation, von

der Mehrzahl aber, wie es scheint, zur Kreide gestellt werden. Doch ist noch nichts Genaues über diesen Fund bekannt, und jedenfalls ist in unbestrittenen Kreideschichten noch nie eine Spur von Säugetieren getroffen worden. Erst im Tertiär erscheinen sie dann in großer Menge und Mannigfaltigkeit.

Verbreitung und Gliederung der untern Kreide.

Wie wir im vorigen Abschnitte gesehen haben, fand kurz vor Ende der Jurazeit ein allgemeiner Rückzug des Meeres aus der mitteleuropäischen Region statt; wir finden über den Portlandbildungen, den Solnhofener Schiefern und ihren Äquivalenten keine rein marine Ablagerung mehr. Ein Teil des Gebietes wurde festes Land, während über einem andern sich große Seen mit schwach gesalzenem, brackischem Wasser ausbreiteten, in welchen eine Mischbevölkerung von Meeres- und Süßwassertieren lebte. Die Ablagerungen aus diesen Seen finden wir in ausgezeichneter Entwickelung im nordwestlichen Deutschland und in England, schwächer vertreten sind dieselben im südwestlichen Teile des Schweizer Juragebirges und den angrenzenden Gebieten von Frankreich sowie im nördlichen Portugal.

Die Ablagerungen aus diesen Binnenseen beginnen während der letzten Phase der Juraformation, zur Zeit, als sich in der alpinen Region die Schichten des obern Tithon bildeten, und setzten sich während des Beginnes der Kreidezeit, während des untern Neokom, fort, das in der mitteleuropäischen Provinz ebensowenig wie das obere Tithon durch marine Absätze vertreten ist. Allerdings dauerten die Brackwasserseen und ihre Niederschläge nicht überall gleich lange, sondern deren Areal wurde allmählich, in einer Gegend früher, in der andern später, vom Meere wieder eingenommen, so daß also das Auftreten der Brackwasserbildungen auf der Grenze zwischen Jura und Kreide nicht einen überall gleich bleibenden Abschnitt repräsentiert, sondern deren Dauer an verschiedenen Punkten eine verschiedene ist. Diese Ablagerungen bilden in der Regel einen zusammenhängenden Komplex, und wenn auch die tiefern Teile desselben dem Jura, die höhern der Kreide zugehören, so ist doch im Charakter der Fauna der Wechsel ein sehr allmählicher und unmerklicher. Die vorwiegend aus Muscheln und Schnecken zusammengesetzte Bevölkerung enthält eine beträchtliche Anzahl von Formen, die schon in den darunterliegenden rein marinen Juraschichten vorkommen und sich auch in dem schwach gesalzenen Wasser erhalten konnten, und manche derselben dauern bis zur obern Grenze der brackischen Ablagerungen an, denen stellenweise im nordwestlichen Deutschland und in England schon einzelne rein marine Bänke mit typischen Kreidefossilien eingeschaltet sind. Diese Vorkommnisse beweisen, daß das Meer diese Gebiete nicht auf einmal endgültig überflutete, sondern daß vorher eine Periode der Schwankungen vorhanden war, während welcher die rein marine Entwickelung vordrang und sich wieder zurückzog, bis sie endlich definitiv herrschend wurde.

Zu den Relikten, den Überbleibseln, der marinen Jurafauna gesellen sich zahlreiche Süßwasserkonchylien, welche darum von großem Interesse sind, weil wir es hier mit der ersten reichen Fauna dieser Art zu thun haben, welche uns im Laufe der geologischen Geschichte entgegentritt. Allerdings gab es Süßwassermollusken schon in weit früherer Zeit, aber was davon auf uns gekommen ist, sind nur sehr dürftige Reste. Man würde übrigens sehr irren, wenn man glauben wollte, daß es sich in unsrer Fauna um große, schöne Formen handle, wie sie heute die Binnengewässer der tropischen Gegenden bevölkern; ja, selbst unsre jetzigen mitteleuropäischen Seen und Flüsse beherbergen weit größere und stattlichere Arten, als wir sie hier finden. Cyrenen und Unionen (Malermuscheln) unter den Muscheln, eine Anzahl von Sumpfschnecken (Paludiniden), Planorben von wenig ansehnlicher Gestalt und

Ähnliches mehr ist in Menge vorhanden, mit etwas reicherer Verzierung sind nur einige Melanien und eine Paludina versehen. Von tropischem oder subtropischem Charakter ist keine Spur vorhanden, und wenn wir diese Formen mit der jetzt lebenden Lokalfauna eines Teiles der Erde vergleichen wollen, so bietet der nördliche oder mittlere Teil der Vereinigten Staaten von Nordamerika die meiste Ähnlichkeit.

Von größerm Interesse sind jedenfalls die Wirbeltierreste, welche sich hier finden; in den tiefern, noch zum Jura gehörigen Ablagerungen hat man in England in ziemlicher Anzahl die Reste kleiner, den Beuteltieren nahestehender Säugetiere, ferner Schildkröten, Krokodile und manches andre gefunden, während die höhern, zur Kreideformation gehörigen Bildungen durch das Vorkommen mächtiger Dinosaurier, des oben beschriebenen Iguanodon, des Hylaeosaurus und mancher andrer, ausgezeichnet sind.

Die zum Jura gehörigen Teile der brackischen Grenzschichten zwischen Jura und Kreide bezeichnet man nach einer englischen Lokalität, wo sie ausgezeichnet entwickelt sind, als die Purbeckschichten, während die jüngere, zur Kreideformation gehörige Abteilung nach dem waldigen Hügelgebiete des Weald im südlichen England den Namen Wealden oder Wälderformation erhalten hat. Die stärkste Entwickelung finden diese Ablagerungen in England, nächstdem im nordwestlichen Deutschland; im letztern Gebiete ist vor allem das Deistergebirge südwestlich von Hannover, ferner der Osterwald und eine Reihe andrer Punkte durch das Vorkommen von Wealdenbildungen ausgezeichnet. Die oberste Lage des marinen Jura bilden hier die Eimbeckhäuser Plattenkalke mit einer allerdings ziemlich ärmlichen Fauna, welche diese Ablagerungen als den englischen Portlandschichten entsprechend erkennen läßt. Über diesen folgen dann die brackischen Bildungen, welche mit einer stellenweise bis zu 300 m mächtigen Ablagerung überaus fossilarmer, roter oder grünlicher Mergel bedeckt sind, die bisweilen Gips- und Salzlager enthalten. Über diesen „Münder Mergeln" folgt dann eine bis zu 45 m mächtige kalkige Ablagerung, welche nach dem massenhaften Vorkommen der kalkigen Röhren eines Gliederwurmes, der Serpula coacervata, den Namen Serpulit erhalten hat. Diese Ablagerung gehört noch zum Jura, das nächste Glied, der Hastingssandstein oder Deistersandstein, welcher mehrfach bauwürdige Kohlenflöze eingeschaltet enthält und über 150 m mächtig wird, gehört schon zur Kreide, und darüber folgt noch der eigentliche Wälderthon, dessen Dicke 30 m nur wenig übersteigt. Aus diesen Ablagerungen sind nach Struckmann 146 Arten von Fossilresten, 33 Pflanzen und 113 Tiere, bekannt geworden, von welchen 16 unverändert aus den tiefern marinen Jurabildungen heraufreichen und zwar nicht nur in die tiefste Abteilung, sondern manche derselben erstrecken sich bis in den obern Wälderthon. Auch außerdem sind die einzelnen Abteilungen durch zahlreiche übereinstimmende Fossilien miteinander verbunden, und wir sehen also hier, daß der Übergang von der Jura- zur Kreideformation ein ganz allmählicher war, und daß keine Spur irgend einer scharfen Grenze zwischen beiden vorhanden ist, wie sie die Katastrophentheorie fordert.

Ganz ähnliche Verhältnisse wie im nordwestlichen Deutschland finden wir auch im südlichen England; die Purbeckschichten bilden hier eine dem Serpulit entsprechende Ablagerung, dann folgen übereinstimmend die Sandsteine von Hastings, und zu oberst liegen die Thone des Wealden. Ein Unterschied macht sich namentlich darin geltend, daß in England die höhern, in Norddeutschland die tiefern Lagen des Komplexes durch sehr große Mächtigkeit ausgezeichnet sind.

Der Umstand, daß in der mitteleuropäischen Provinz die ältesten marinen Kreideablagerungen bald auf marinen Jura-, bald auf Wealdenbildungen liegen, und daß der Übergang von der brackischen zur marinen Entwickelung in verschiedenen Gegenden nicht gleichzeitig stattfindet, hat das Studium der ältern Kreidehorizonte, des Neokom, sehr erschwert und die Erzielung eines richtigen Ergebnisses lange Zeit verzögert. Man war geneigt,

die tiefsten Meeressedimente unsrer Formation in verschiedenen Gegenden für gleichalterig zu halten, und das mußte natürlich zu falschen Parallelen führen. Ein wichtiger Schritt zu besserer Auffassung war es, als Strombeck für Norddeutschland zeigte, daß in denjenigen Distrikten, in welchen das Wealden vollständig entwickelt ist, die Meeresbildungen mit jüngern Horizonten beginnen, als wo jenes fehlt, daß also eine Stellvertretung von tieferm Neokom und Wealdenbildungen stattfindet. Einen zweiten großen Fortschritt bilden dann die Beobachtungen von Lory und Hébert, daß die allerältesten Neokombildungen außerhalb der alpinen Region (und Rußland) in Europa ganz fehlen. Dadurch werden alle frühern Parallelen zwischen einzelnen Horizonten in verschiedenen Gegenden vollständig verschoben, es hat sich eine neue Auffassung in dieser Richtung angebahnt, wenn auch von vielen Seiten den neuen Thatsachen in dieser Richtung noch nicht hinreichend Rechnung getragen wird.

Wenn wir die vollständige Reihenfolge der Neokombildungen kennen lernen wollen, so müssen wir demnach die Entwickelung in der alpinen Region studieren, und erst der Vergleich mit dieser wird uns das richtige Verständnis der mitteleuropäischen Vorkommnisse ermöglichen. Allerdings wird der Vergleich hier durch eine Anzahl ungünstiger Umstände weit schwieriger, als das beim Jura der Fall war, zu deren richtiger Würdigung wir die geographischen Verhältnisse Europas in jener Zeit etwas näher ins Auge fassen müssen. Die alpine Provinz war während der ganzen Zeit unter Wasser, die mitteleuropäische dagegen, wie mehrfach erwähnt, wurde zu Beginn der Kreidezeit trocknes Land. Als nun das Neokommeer wieder um sich griff, überflutete es zwar einen ansehnlichen Teil Mitteleuropas, aber es erreichte doch bei weitem nicht den Umfang, den das Jurameer gehabt hatte. Das nordwestliche Deutschland, das südöstliche England, das Pariser Becken wurden vom Salzwasser wieder eingenommen, und von der alpinen Region aus breitete sich dasselbe über das außeralpine Gebiet der Westschweiz und des südlichen Frankreich aus. Dagegen blieb das ganze nordöstliche, mittlere und südliche Deutschland, ferner der außeralpine Teil von Mähren, Schlesien und Polen, endlich die außeralpine Ostschweiz festes Land. Weiter im Westen war das Zentralplateau von Frankreich ebenfalls über Wasser, und wenn dasselbe auch durch einen Kanal von dem süddeutschen Festlande getrennt gewesen zu sein scheint, so besaß doch diese Wasserstraße vermutlich keine rein marine Entwickelung, und da auch in einem großen Teile des Pariser Beckens eine solche fehlte, so war hier keine freie Verbindung zwischen der nördlichen und der südlichen Entwickelung des Neokom vorhanden. Eine solche fand offenbar erst weit im Westen statt, da aller Wahrscheinlichkeit nach das Zentralplateau von Frankreich damals mit dem Massiv der Bretagne zusammenhing, ja vermutlich setzte sich diese große Insel nach Irland und Wales fort.

Aus dieser Verteilung von Land und Wasser geht hervor, daß eine leichte und unmittelbare Verbindung zwischen dem nordwestdeutschen und englischen Meere einerseits und dem südfranzösischen anderseits nicht vorhanden war, und infolgedessen ist die Verschiedenheit zwischen den beiden Gebieten sehr viel größer, als sie im Lias und im mittlern Jura war, ja stellenweise werden diese Gegensätze außerordentlich groß und auffallend. Besonders tritt der Unterschied hervor, wenn wir die norddeutschen und englischen Neokomablagerungen mit denjenigen vergleichen, welche in den außeralpinen Teilen der Schweiz und Südfrankreichs vorkommen. Während im größern Teile des Jura zwischen beiden Gebieten die Ähnlichkeit eine außerordentlich große war, ist sie nun sehr gering, und dafür nähern sich die Bildungen der letztern Gegend weit mehr den alpinen Vorkommnissen, als das früher der Fall war. Sehr häufig greifen in diesem südlichern Gebiete die alpine und die außeralpine Entwickelung ineinander ein, in den nordwestlichen Alpen treten einzelne Horizonte wenigstens an den Rändern in außeralpiner Ausbildung auf und umgekehrt, die Grenze zwischen beiden Regionen ist nicht mehr so scharf, die Unterschiede haben sich teilweise verwischt.

Unter diesen Verhältnissen kann die Frage aufgeworfen werden, ob auf der Grenze zwischen Jura und Kreide eine erhebliche Verschiebung der zoogeographischen Provinzen in den europäischen Meeren stattgefunden hat. Es scheint weit naturgemäßer, die außeralpinen Neokombildungen der Schweiz und Südfrankreichs mit den alpinen zu vereinigen, denen sie ähnlich sind, und sie von den weiter nördlich gelegenen zu trennen. Ein solches Verfahren kann natürlich von verschiedenem Standpunkte betrachtet und beurteilt werden; Ähnlichkeit in der Fauna und Zusammengehörigkeit zu einem gegen Norden von Festland abgegrenzten Becken können für dasselbe angeführt werden. Wir müssen uns aber daran erinnern, daß die Unterscheidung verschiedener Provinzen in den mesozoischen Ablagerungen in erster Linie dazu bestimmt ist, die Gliederung der Bevölkerung nach klimatischen Zonen zur Anschauung zu bringen, und daß gerade die Grenze zwischen mitteleuropäischem und alpinem Gebiete zusammenfällt mit derjenigen zwischen der äquatorialen und der nördlich gemäßigten Region. Wenn wir von diesem Standpunkte aus die Sache betrachten, so werden wir finden, daß der Unterschied zwischen englisch-norddeutscher und schweizerisch-französischer Entwickelung wesentlich der Angehörigkeit zu zwei räumlich getrennten Becken zugeschrieben werden muß. Wenn wir aber innerhalb der Schweiz und Südfrankreichs den Charakter der Neokomfaunen ins Auge fassen, so sehen wir, daß, abgesehen von Faciesunterschieden, dieselben Abweichungen wie zur Jurazeit, allerdings schwächer, auch im Neokom zwischen alpiner und außeralpiner Entwickelung herrschen, und daß in der erstern eine Anzahl nordeuropäischer Typen vorkommen, die nicht in die alpine Region vordringen. Wir werden also daraus schließen müssen, daß auch während der Ablagerung der untern Kreide an dieser Stelle eine wichtige Scheidung klimatischer Zonen stattfand, und wir werden daher den Unterschied zwischen alpiner und außeralpiner Provinz auch hier festhalten müssen.

Aus dem Gesagten geht auch hervor, daß wir nicht unmittelbar vom Studium der alpinen zu demjenigen der nordeuropäischen Vorkommnisse vorschreiten dürfen, sondern daß die Ablagerungen im Schweizer Jura und im außeralpinen Südfrankreich den Übergang vermitteln müssen. Allerdings tritt uns hier ein Umstand hindernd entgegen, daß nämlich die Gliederung des alpinen Neokom und das Studium seiner Fauna noch bei weitem nicht so weit gediehen ist, wie das im obern Jura der Fall ist; namentlich aus dem südlichen Frankreich enthalten die verschiedenen Sammlungen eine Menge neuer Arten, die noch einer eingehenden Bearbeitung harren. Hier ist noch ein weites Feld für die Beobachtung offen, aber allerdings sind die Schwierigkeiten für eine genaue Gliederung sehr bedeutend. In einem großen Teile der Nordalpen und Karpathen ist das Neokom durch eine mächtige, eintönige Masse lichtgrauer, mergeliger Kalke vertreten, welche im östlichen Teile ihres Verbreitungsgebietes den Namen der Roßfeldschichten erhalten haben; diese leicht verwitterbaren Gesteine liefern einen außerordentlich fruchtbaren Boden, der in der Regel mit üppigem Wiesenwuchse bedeckt ist. Die Aufschlüsse sind infolgedessen sehr schlecht und die Vorkommnisse einigermaßen reichlicher, gut erhaltener und charakteristischer Versteinerungen so spärlich zerstreut, daß einer eingehenden Gliederung fast unüberwindliche Hindernisse entgegenstehen. Auch in den Südalpen, wo die untere Kreide durch sehr fossilarmen, weißen, dünnschichtigen Kalk, den Biancone der Italiener, vertreten ist, sind die Verhältnisse nicht günstiger. Leichter wird die Sache da, wo auf der Grenze der verschiedenen Regionen alpin und außeralpin entwickelte Schichtglieder miteinander wechsellagern; allein hier ist der letztere Typus meist arm an den leitenden Formen der Ammoniten, und es gelingt daher auch hier nicht, der wichtigsten Anforderung an eine für allgemeine Vergleiche bestimmte Gliederung zu genügen und pelagische Faunen ohne Facieswechsel in ununterbrochener Folge aneinander zu reihen.

Nur zwei Gegenden bieten, soweit unsre Erfahrungen reichen, günstigere Verhältnisse, nämlich die schlesischen Karpathen südlich von Teschen und der alpine Teil von Südfrankreich. Über das letztere Gebiet liegen die ausführlichsten und vollständigsten Daten vor, und wir nehmen dieses daher zum Ausgangspunkte unsrer Betrachtung. Hier lassen sich in dem Neokom (mit Ausschluß des Aptien) vier große aufeinander folgende Ammonitenfaunen unterscheiden, innerhalb deren es vermutlich mit der Zeit gelingen wird, noch eine größere Anzahl von Zonen nachzuweisen. Wir haben hier von oben nach unten:

Oberes Neokom:	4) Fauna des Macroscaphites Yvani (Urgon- oder Barrêmestufe)
Mittleres Neokom:	3) Fauna des Belemnites dilatatus
Unteres Neokom:	2) Fauna des Belemnites latus
	1) Fauna des Hoplites occitannicus und privasensis (Berriasstufe).

Die Fauna von Berrias trägt in vollem Maße den Charakter einer Übergangsbildung gegen den Jura: der augenfälligste Zug der Ammonitenbevölkerung in der Kreideformation, das Auftreten massenhafter Ammoniten, welche nicht in normaler geschlossener Spirale aufgerollt sind, fehlt hier noch, eine Anzahl von Arten reicht unverändert aus dem obern Jura hierher; aber noch größer ist die Menge von Formen, welche diese Ablagerungen an die höhern Neokomhorizonte knüpfen.

Auch in den Mergeln mit Belemnites latus spielen die normalen Ammoniten mit geschlossener Spirale die Hauptrolle, und es gesellen sich zu ihnen nur wenige Formen, welche die normale Spirale verlassen haben, unter ihnen aber schon ganz gerade gestreckte Formen (Baculites). In reichlicher Menge erscheinen erst im mittlern Neokom, in den Schichten mit Belemnites dilatatus, evolute Typen, unter denen Crioceras Duvali als die bezeichnendste Form genannt wird; zu ihnen gesellen sich zahlreiche normale Ammoniten, unter welchen Hoplites cryptoceras, radiatus, Olcostephanus Astierianus, Haploceras Grasianum, Phylloceras substriatum, semisulcatum, Lytoceras subfimbriatum besonders hervortreten (s. Abbildung, S. 371).

Während die drei bisher betrachteten Ammonitenfaunen des Neokom in inniger Beziehung zu einander stehen und in ihren Faunen die größte Verwandtschaft zeigen, tritt, wie Uhlig gezeigt hat, ein beträchtlicher Umschwung mit dem Erscheinen der Fauna des Macroscaphites Yvani ein. Wohl ist der Zusammenhang nicht abgebrochen, eine Anzahl von Arten geht aus den Schichten mit Belemnites dilatatus in die jüngern Ablagerungen der Barrêmestufe über, aber neben den bekannten Typen überrascht uns hier eine ganze Menge neuer und fremdartiger Formen. Unter der großen Anzahl von Ammoniten, welche Barrême und andre Lokalitäten in Südfrankreich, vor allen aber die sogenannten Wernsdorfer Schiefer in den schlesischen Karpathen geliefert haben, finden sich ganze Gruppen, welche den ältern Ablagerungen fremd sind. Zum erstenmal sehen wir hier in großer Zahl evolute Formen, welche sich an die öfters erwähnte Gattung Lytoceras mit ihren paarig geteilten Loben anschließen und den Gattungen Macroscaphites, Hamulina, Ptychoceras und Pictetia angehören, und noch manche andre Typen, wie die Gattungen Silesites, Pulchellia, Costidiscus ꝛc., geben dieser Tiergesellschaft ein eigentümliches und fremdes Gepräge. Es ist das Bild, welches wir erhalten, wenn eine Einwanderung neuer Elemente aus einem andern Bildungsraume stattfindet, infolge der Eröffnung einer Verbindung mit einem bis dahin abgetrennten Meeresbecken, von Änderungen in den Meeresströmungen oder einer ähnlichen Umgestaltung. In der That können wir auch gerade in diesem Falle mit großer Wahrscheinlichkeit die Richtung angeben, aus welcher der Zuzug neuer Elemente geschah. Durch Forbes, Karsten und andre ist seit längerer Zeit eine reiche Fauna von Cephalopoden der untern Kreide aus dem nördlichen Teile von Südamerika, aus Kolumbien, bekannt. Schon früh wurde die nahe Verwandtschaft dieser Vorkommnisse mit denjenigen von

Barrême und Wernsdorf erkannt, und es sind gerade die von den ältern Bildungen stark abweichenden Typen, welche in Kolumbien eine große Rolle spielen, so daß wir wohl an eine Einwanderung aus der südamerikanischen Region zu denken berechtigt sind.

Wir wenden uns nun dem Schweizer Juragebirge und speziell der Umgebung von Neuchâtel zu, dessen lateinischer Name Neocomum der untern Abteilung der Kreideformation den Namen gegeben hat; die tiefsten Kreidebildungen bestehen hier aus einer Seichtwasserablagerung mit großen, dickschaligen Schneckenschalen (Strombus Leviathan, Nerinea gigantea ꝛc.), Muscheln und Seeigeln, neben welchen Cephalopoden nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen. Unter diesen letztern findet sich der charakteristische Belemnites dilatatus des mittlern Neokom und daneben merkwürdigerweise zwei Ammoniten von entschieden nordischem Gepräge, Oxynoticeras Gevrilianum und Marcousanum, deren Ver-

Neokom-Ammoniten: 1. Olcostephanus Astierianus. — 2. Crioceras Tabarellii. — 3. Hoplites radiatus. (Nach d'Orbigny und Uhlig.) Vgl. Text, S. 370.

wandte im Neokom Norddeutschlands und in den dem obersten Jura oder der untersten Kreide angehörigen Aucellenschichten Rußlands vorkommen. Dieser tiefste Horizont des Juragebirges hat nach dem Schlosse Valengin bei Neuchâtel den Namen Valenginien erhalten; er findet sich in weiter Ausdehnung von Vorarlberg bis nach Südfrankreich mit unbedeutenden Verschiedenheiten wieder und greift auch an vielen Punkten in die alpine Region ein, wo ihm allerdings die Ammoniten von nordischem Gepräge nach den bisherigen Untersuchungen fehlen. An mehreren Orten ist nun hier das Valenginien in unmittelbarer Berührung mit den alpinen Ammonitenschichten, und es gelingt dadurch, das Verhältnis beider zu einander festzustellen; dasselbe liegt an einigen Punkten über den Schichten mit Belemnites latus und stellenweise zwischen diesen und den Schichten mit Belemnites dilatatus, also zwischen unterm und mittlerm Neokom, eingeschaltet und entspricht daher der Grenze zwischen beiden. Da nun in der außeralpinen Region, abgesehen von einem kleinen Distrikte in Südfrankreich, nirgends ältere Kreideschichten als Valenginien auftreten, so geht daraus hervor, daß hier die Formation im günstigsten Falle mit dem mittlern Neokom beginnt.

Über dem Valenginien folgt dann im Jura ein Schichtenkomplex, den man als die Stufe von Hauterive zu bezeichnen pflegt, mit Belemnites dilatatus und zahlreichen Ammoniten, unter welchen viele mit Arten aus dem alpinen Mittelneokom übereinstimmen

24*

Digitized by Google

(Olcostephanus Astierianus, Hoplites radiatus, Leopoldinus rc.); doch ist der Provinzunterschied zwischen beiden Regionen hier sehr deutlich ausgebildet, indem die Angehörigen der Gattungen Phylloceras, Lytoceras und Haploceras in den außeralpinen Ablagerungen fehlen. Andre Bildungen, welche hierher gehören, sind die durch das Auftreten eines Seeigels aus der Familie der Spatangiden, des Toxaster complanatus, charakterisierten Spatangenkalke.

Eine durchaus andre Entwickelung finden wir, wenn wir im Juragebirge die Vertreter des jüngsten Ammonitenhorizontes der alpinen Neokomentwickelung, der Schichten mit Macroscaphites Yvani, aufsuchen. Hier begegnen wir einem Gebilde, das auch in der alpinen Region vielfach verbreitet ist, nämlich hellen Kalken mit dickschaligen Muscheln aus den Abteilungen der Chamaceen und Rudisten, aus den Gattungen Requienia und Radiolites; es sind das die ersten Vorläufer jener riesigen Entwickelung der Rudistenkalke, die wir später bei Besprechung der obern Kreide kennen lernen werden. Zu den Kalken mit Requienien und Radioliten, welche man in der Regel als Kaprotinenkalke bezeichnet, gesellen sich ferner andre Ablagerungen mit verschiedenen Muscheln, Schnecken, Seeigeln rc.; aber in diesem ganzen Komplexe des obern Neokom oder der Urgonstufe fehlen im Jura alle die charakteristischen Ammonitenformen, welche die Schichten mit Macroscaphites Yvani im alpinen Gebiete charakterisieren.

Wollen wir von dem Juragebirge aus den Charakter der andern Neokomablagerungen Europas ins Auge fassen, so finden wir zunächst im Pariser Becken nahe Übereinstimmung mit den eben geschilderten Vorkommen, nur treten im obern Neokom keine Kaprotinenkalke auf, die überhaupt auf die südlichern Gegenden beschränkt bleiben. Außerdem ist auch die Entwickelung keine rein marine, sondern wir finden vielfach Einschaltungen von Süßwasserbildungen, welche gegen Norden hin zunehmen. Wir werden dadurch zu jenen Gegenden hinübergeleitet, in welchen die oben erwähnten Ablagerungen des Wealden auftreten. Im nordwestlichen Deutschland, wo diese letztern die stärkste Entwickelung zeigen, bilden sie den größten Teil des Neokom, und über denselben folgen als erste marine Bildungen Schichten, welche ungefähr der Urgonstufe entsprechen. Allein nicht überall in Nordwestdeutschland sind die brackischen Wealdenbildungen vorhanden, in manchen Gegenden fehlen sie, und dann liegt marines Neokom unmittelbar auf jurassischen Sedimenten. In diesen Regionen sind dann auch tiefere Teile des Neokom entwickelt, doch fehlen ebenso wie im Schweizer Jura alle Äquivalente des untern Teiles dieser Stufe, und nur das mittlere Neokom, wahrscheinlich mit Einschluß des Valenginien, ist hier zu finden.

Die Neokomablagerungen Norddeutschlands, welche man häufig mit dem Namen der Hilsbildungen bezeichnet, beginnen oft mit einer kalkig-konglomeratischen Bildung, dem Hilskonglomerate, während die obern Teile thonig entwickelt sind; doch ist dies durchaus keine ausnahmslose Regel, indem die Hilsthone vielfach auch in tieferes Niveau hinabgreifen und dieselben Formen wie die Konglomerate enthalten. Ein eigentümliches Glied bilden die Eisensteine von Salzgitter, südlich von Braunschweig, Ablagerungen von oolithischem Eisenerze, welche außer dem Neokom auch noch einen Teil der nächst höhern Stufe, des Aptien, umfassen, während weiter im Westen, im westfälischen Gebiete, die Hilsbildungen durch mächtige Ablagerungen von Sandstein, den Quadersandstein des Teutoburger Waldes, ersetzt sind.

Eine Anzahl charakteristischer Fossilien des mittlern Neokom, welche im Juragebirge vorkommen, treten auch im norddeutschen Hils auf, so Hoplites radiatus, Olcostephanus bidichotomus, Carteroni und unter den Seeigeln der so bezeichnende Toxaster complanatus; im ganzen jedoch ist die Übereinstimmung eine auffallend geringe, wie das bei dem Vorhandensein getrennter Meeresbecken zu erwarten war. Weit größer ist die Ähnlichkeit mit den englischen Vorkommnissen, mit welchen sie eine weit beträchtlichere Zahl von Arten

gemeinsam haben. Im südlichen England, wo die Wealdenbildungen sich finden, ist auch nur das obere Neokom in mariner Entwickelung vorhanden und zwar in Form glaukonitischer Sandsteine; es ist der untere Teil des untern Grünsandes, dessen obere Region die nächste Stufe, das Aptien, repräsentiert. Im Nordosten von England dagegen treten an Stelle des Wealden mächtige Thonbildungen auf, welche an der Küste von Yorkshire in gewaltigen Wänden aufgeschlossen sind; diese „Thone von Speeton" repräsentieren das mittlere und obere Neokom sowie das Aptien.

Wir haben durch einen flüchtigen Überblick über die Verhältnisse Mitteleuropas uns überzeugt, daß zu Beginn des Neokom dieses ganze Gebiet vom Meere verlassen war, und daß erst später ein Teil desselben wieder überflutet wurde. Mit der Wiederkehr des Salzwassers kehrte auch eine marine Bevölkerung zurück, und wir müssen den Charakter derselben prüfen und aus demselben abzuleiten suchen, aus welchen Gegenden die Einwanderung stattfand. Naturgemäß liegt es nahe, in erster Linie an einen Zuzug aus dem Alpengebiete zu denken, das ja während der Dauer der Trockenlegung von Mitteleuropa vom Meere bedeckt blieb, und in der That finden wir in der neuen Bevölkerung eine Reihe von Formen, die sich auf diesen Ursprung zurückführen lassen; das gilt unter den Cephalopoden, welche in derartigen Fragen stets den besten Anhaltspunkt geben, von der Formengruppe des Belemnites dilatatus, einem durch eine Reihe sehr charakteristischer Merkmale gekennzeichneten Typus von alpinem Ursprunge, von der Formengruppe Crioceras Duvali, des Olcostephanus Astierianus, manchen Hopliten, den allerdings nicht zahlreichen Vertretern der Gattungen Phylloceras, Lytoceras und Haploceras und einigen andern. Wenn wir nun die geographische Verbreitung dieser Formen näher ins Auge fassen, so sehen wir, daß sie entweder auf die schweizerisch-südfranzösische Area beschränkt sind, oder hier wenigstens ihre stärkste Vertretung finden, während sie in dem englisch-norddeutschen Becken fehlen oder seltener sind. An ihrer Stelle finden wir hier ein andres Element, das in seiner Verbreitung die entgegengesetzte Erscheinung zeigt, hier im nördlichen Gebiete sehr verbreitet ist, im Juragebirge und den anstoßenden Gegenden nur wenige Repräsentanten zählt. Verfolgen wir nun die verwandtschaftlichen Beziehungen dieser Formen, so werden wir, soweit überhaupt ein bestimmtes Resultat vorliegt, nach Norden und Nordosten, nach der borealen Provinz, verwiesen. Belemnites subquadratus und seine Verwandten stehen den Vertretern der Gruppe des Belemnites excentricus in den nordischen Gegenden so nahe, daß in manchen Fällen eine Unterscheidung kaum möglich sein dürfte; die Gruppe des Olcostephanus bidichotomus hat ihre nächsten Verwandten in den Aucellenschichten an den Ufern der Petschora im nördlichsten Rußland, und dasselbe gilt von den Vertretern der Gattung Oxynoticeras. Aus diesen zwei Regionen, aus der alpinen und aus der borealen, fanden demnach Einwanderungen nach Mitteleuropa statt, und aus denselben stammt jedenfalls die große Mehrzahl der Formen, wenn wir auch heute noch durchaus nicht entscheiden können, ob nicht etwa noch von einem dritten Ursprungsgebiete her Zuzüge kamen.

Die Stufe, welche über dem Neokom folgt, wird nach der Stadt Apt in Südfrankreich, in deren Umgebung diese Ablagerungen sehr schön entwickelt sind, als Aptien bezeichnet. In vielen Punkten schließt sie sich innig an das obere Neokom an, sowohl was die Entwickelung der Schichten als deren Tierreste anlangt. Im Süden finden wir dieselbe vielfach gleich dem obern Neokom in Form von Kaprotinenkalk entwickelt, und die mächtigen hellen Massen dieses Gesteines umfassen beide Abteilungen, ohne daß es immer möglich wäre, festzustellen, wie sich dieselben innerhalb dieses Komplexes abgrenzen. Diese Gesteine, welche im Schweizer Juragebirge vielfach auftreten, erreichen eine ungleich stärkere Entwickelung in manchen Teilen der Alpen, namentlich im Algäu, in Vorarlberg und in einem Teile der Schweiz. In diesem Gebiete bilden sie im äußern Teile der alpinen Kalkzone eins der

hervorragendsten Glieder des Gebirgsbaues, indem ihre mächtigen, steil aufgerichteten, klotzigen Massen in dem Landschaftsbilde durch stolze Gipfelbildung und wilde Zerrissenheit der Gehänge ausgezeichnet sind. Namentlich sind diese Kalke in dem genannten Gebiete in ganz besonders starker Weise zur Bildung jener wilden, von zahllosen parallelen Rinnen durchfurchten Steinwüsten, der Karren- oder Schrattenfelder, geneigt, die wir im ersten Bande kennen gelernt haben, und nach denen hier diese Schichtgruppe mit dem Namen der Schrattenkalke belegt wird.

In andern alpinen Gegenden, namentlich in Südfrankreich, ist das Aptien durch sehr ammonitenreiche Schichten vertreten, unter denen namentlich die unregelmäßig aufgerollten Formen der Gattung Crioceras auffallend hervortreten, und auch außerhalb der Alpen sind cephalopodenreiche Schichten verbreitet, unter anderm auch in Norddeutschland und England, während in einem großen Teile von Frankreich eine kleine Muschel, die Plicatula placunea, für die Schichten dieses Alters bezeichnend ist.

Vergleichen wir die geographische Verbreitung der Aptienformen mit denjenigen des Neokom, so finden wir in einer Richtung eine ziemlich erhebliche Verschiedenheit, indem nämlich die einzelnen Cephalopodenarten des Aptien in Europa größere geographische Verbreitung zu besitzen scheinen als diejenigen des Neokom. Wenigstens haben England und Norddeutschland hier mit dem südlichen Gebiete eine verhältnismäßig viel größere Artenzahl gemein (Amaltheus Nisus, Hoplites Deshayesi, Acanthoceras Milletianum, Martini ꝛc.) als im Neokom. Ja, man kann in dieser Beziehung sogar Schwankungen beobachten; die mittlern Neokomschichten der beiderlei Becken sind durch eine Anzahl von gemeinsamen Arten miteinander verbunden, im obern Neokom treten die Beziehungen wieder zurück, um im Aptien in verstärktem Maße sich wieder einzustellen und während des Gault in noch vermehrtem Maßstabe fortzudauern.

Die Ursache dieser Erscheinungen können wir wohl nur in Änderungen in der Art der Verbindung zwischen den einzelnen Meeresbecken suchen. Wir müssen annehmen, daß mit einer Zunahme der Wasserbedeckung sich die Möglichkeit des Austausches der Formen zwischen den verschiedenen Becken vergrößerte. Demnach haben wir vom Beginne des Eintrittes des Meeres nach Mitteleuropa ein allmähliches Umsichgreifen desselben, ein Ansteigen seines Spiegels bis Ende der untern Kreide anzunehmen, jedoch nicht in ununterbrochener Weise, sondern im obern Neokom tritt uns eine Schwankung in entgegengesetztem Sinne, ein zeitweiliger Rückschritt der Wasserbedeckung, entgegen.

Die oberste Stufe der untern Kreide, der Gault, hat ihren Namen nach einer Lokalbezeichnung, welche eine hierher gehörige Thonablagerung in England führt. In seiner ganzen Fauna ist der Gault dem Aptien überaus nahe verwandt, und beide werden daher auch vielfach zu einer einzigen Stufe zusammengezogen. In der alpinen Provinz ist der Gault zwar vorhanden und an vielen Punkten erkannt worden, von Südfrankreich und der Schweiz bis in die Karpathen und bis nach Griechenland, wo ihn Bittner an den Gehängen des Parnaß nachgewiesen hat. Doch ist die Vertretung hier im allgemeinen eine verhältnismäßig spärliche, und Mitteleuropa bietet uns hier eine weit reichere und vollständigere Entwickelung, die an manchen Punkten, namentlich im nordöstlichen Frankreich und England, durch die herrliche Erhaltung der Versteinerungen mit frischer, perlmutterglänzender Schale ausgezeichnet ist.

Der Gault ist vor allem durch die Menge seiner großenteils durch sehr reiche Verzierung ausgezeichneten Ammoniten aus den Gattungen Schloenbachia, Hoplites (s. Abbildung, S. 375), Acanthoceras und die hakenförmig gekrümmten Hamiten charakterisiert, zu denen sich in der südlichen Hälfte seines Verbreitungsbezirkes noch zahlreiche Vertreter von Haploceras und Lytoceras gesellen. Außerdem finden sich zahlreiche Muscheln und

Schnecken, während die andern Abteilungen des Tierreiches schwach vertreten zu sein pflegen. Die vorwiegenden Gesteine sind Thone, Mergel und Sandsteine, häufig mit einem bedeutenden Gehalte von grünen bis schwärzlichen Glaukonitkörnern. Die reichste Entwickelung des Gault findet in der Schweiz, Frankreich und England statt; die Perte du Rhône unterhalb Genf, die Ostseite des Pariser Beckens, Folkestone und Blackdown in England haben die vornehmsten Typen geliefert, während das nordwestliche Deutschland zwar durch mächtige Gesteinsentwickelung ausgezeichnet ist, aber nur dürftige Versteinerungsreste geliefert hat. Thone mit Belemnites minimus und einigen der charakteristischen Ammoniten stellen die untere Hälfte des Gault dar, während dessen Oberregion von dem mächtigen und weitverbreiteten, aber fossilarmen Flammenmergel eingenommen wird, einem hellgrauen, dunkler gestreiften und geflammten Mergel, der an der Luft stark zerbröckelt und zerfällt; nur an wenigen Punkten wurden, namentlich bei Gelegenheit von Eisenbahnbauten, Fossilreste in diesem Gesteine gefunden, welche dessen Alter zu bestimmen gestatteten.

Gault-Ammoniten: 1. Schloenbachia varicosa. — 2. Hoplites splendens. — 3. Hoplites auritus. Vgl. Text, S. 374.

Aptien sowohl als Gault werden in mehrere Horizonte gegliedert, deren Einzelheiten kennen zu lernen jedoch nicht in den Plan dieses Werkes fällt; wichtiger ist es, die weitere Verbreitung der untern Kreide außerhalb der bisher betrachteten Gebiete zu verfolgen, um uns von den Verhältnissen der Erde in der damaligen Zeit Rechenschaft zu geben. Im allgemeinen gehört dieser Abschnitt nicht zu denjenigen, deren Ablagerungen wir in sehr großer Verbreitung nachweisen können; die Ausdehnung der bekannten untern Kreideschichten ist zwar erheblich größer als etwa diejenige des Lias, doch bleibt sie vielfach erheblich hinter dem obern Jura zurück und wird namentlich von der obern Kreide in dieser Beziehung bei weitem übertroffen.

Allerdings tritt uns bei Beurteilung dieser Fragen für ein weites Ländergebiet, für die boreale Region, eine große Schwierigkeit entgegen. Wir haben im vorigen Abschnitte gesehen, daß in dem großen innerrussischen Becken an der Grenze zwischen Jura- und Kreideformation eine wichtige Ablagerung, charakterisiert durch zahlreiche Ammoniten und das massenhafte Vorkommen der Muschelgattung Aucella, auftritt, von der es noch zweifelhaft ist, ob sie dem Jura oder der Kreide angehört; diese Wolgastufe, wie sie von Nikitin genannt worden ist, gehört vermutlich mit ihrem obersten Teile schon der Kreideformation an, und dadurch wird das Vorkommen dieser im innerrussischen Becken wahrscheinlich gemacht, wo überdies auch noch ein höheres Glied der untern Kreide vorhanden ist, der wahrscheinlich dem Aptien angehörige Inoceramenthon, der namentlich bei Simbirsk an der Wolga auftritt. Auch im sibirischen Gebiete ist die Wolgastufe vertreten, ja vielleicht am

weitesten unter allen mesozoischen Ablagerungen verbreitet, wie aus den neuesten Untersuchungen von Lahusen und Nikitin hervorgeht; wenn wir nun aber weiter gehen und auch andre boreale Gegenden untersuchen wollen, für welche die Aucellen charakteristisch sind, so sehen wir uns der Schwierigkeit gegenüber, daß diese Muscheln sowohl im obern Jura als in der untern Kreide vorzukommen scheinen. Dadurch entstehen Zweifel in der Altersbestimmung, und wir sind daher nicht in allen Fällen im stande, zu bestimmen, ob untere Kreide vorhanden ist. Mit vieler Wahrscheinlichkeit können wir deren Vorkommen noch von der Kette der Aleutischen Inseln angeben, welche das nordöstlichste Asien mit Nordamerika verbinden, ferner von der Vancouverinsel an der Westküste von Britisch-Nordamerika.

Außerhalb der borealen Region scheint untere Kreide noch vielfach längs der amerikanischen Küste verbreitet, von Kalifornien bis hinunter zu der äußersten Südspitze, wo dies von Darwin bei der Weltumseglung des englischen Schiffes Beagle nachgewiesen wurde. Das bekannteste und wichtigste Vorkommen bilden aber die Ablagerungen im nördlichen Teile von Südamerika, in Kolumbien, deren wir schon früher Erwähnung gethan haben; ihre Lage zeigt uns, daß wie zur Jurazeit, so auch während der untern Kreide eine Meeresstraße zwischen dem nord- und südamerikanischen Festlande vorhanden war, ein Schluß, der um so gesicherter erscheint, als auf den westindischen Inseln Spuren unsrer Ablagerungen gefunden worden sind. An der Ostküste von Nordamerika sowie in der ganzen Umrandung des Südatlantischen Ozeanes, sowohl auf afrikanischer als auf südamerikanischer Seite, wie auch im Innern beider Kontinente fehlt jede Spur unterer mariner Kreide, dagegen ist solche im Gebiete des Pazifischen Ozeanes mehrfach vorhanden. Abgesehen von noch unsichern Spuren auf Japan, ist dieselbe auf Neuseeland sowie in sehr großer Ausdehnung auf dem neuholländischen Festlande verbreitet, und für diese Ablagerungen ist, abgesehen von verschiedenen Ammoniten und andern Fossilien, namentlich das Vorkommen von Crioceras australe und von Belemniten charakteristisch, welche durch zwei auf der Kalkscheide verlaufende, einander gegenüberliegende Rinnen ausgezeichnet sind. Das eben genannte Crioceras australe wurde von Waagen in Indien, in Cutch an der Mündung des Indus, mit Ammoniten zusammen gefunden, welche auch aus Europa bekannt sind, und untere Kreide ist ebenso in dem Salzgebirge im obern Pandschab entdeckt worden. Im Himalaja scheint gleichfalls Neokom vorzukommen, doch sind die Daten in dieser Richtung noch sehr unzulänglich.

Endlich sind noch zwei Punkte an der Ostküste von Südafrika zu nennen, welche schon früher erwähnt wurden; in der Kapkolonie liegen in der Nähe von Port Elizabeth die sogenannten Uitenhaageschichten mit einer Fauna, welche zwar durchaus eigentümlich ist, aber ihrem ganzen Charakter nach dem untersten Neokom anzugehören scheint, und am Conduziaflusse bei Mosambik unter 15° südlicher Breite hat Peters vor langen Jahren Ammoniten gesammelt, welche von dem im untern alpinen Neokom auftretenden Phylloceras substriatum nicht unterschieden werden können.

Verbreitung und Gliederung der obern Kreide.

Ein vielfach von dem bisher geschilderten abweichendes Bild erhalten wir bei Betrachtung der obern Kreide, welche in die drei Abteilungen der Cenoman-, der Turon- und der Senonstufe zerfällt. Zwar ist die Meeresfauna des Cenoman derjenigen der jüngsten Abteilungen der untern Kreide, des Gault, in vielen Beziehungen sehr ähnlich, und namentlich unter den Ammoniten tritt diese Verwandtschaft sehr deutlich hervor, aber in andrer Beziehung stellen sich sehr bedeutende Gegensätze ein. Die Rudisten, jene merkwürdigen

dickschaligen Muscheln, welche früher erwähnt wurden, treten von nun an in größter Menge hervor, unter den Fischen entwickeln sich die Teleostier in ungeahnter Menge, und die Vegetation erleidet durch das massenhafte Vorkommen von Blütenpflanzen eine vollständige Umgestaltung. Vor allem aber machen sich auf der Grenze zwischen unterer und oberer Kreide die weitgehendsten Veränderungen in der Verbreitung von Wasser und Land geltend, es findet ein Übergreifen des Meeres in den verschiedensten Gegenden und in einem Maße statt, wie es kaum zu irgend einer andern Zeit bemerkbar ist.

Diese Abweichungen sind so bedeutend, daß man gewiß eine Hauptformationsgrenze zwischen Gault und Cenoman gezogen hätte, wenn zu der Zeit, als die Formationen abgegrenzt wurden, diese Verhältnisse schon bekannt gewesen wären und das Studium dieser Ablagerungen nicht gerade in England begonnen hätte, wo die Unterschiede wenig hervortreten. In einem großen Teile von England liegt die obere regelmäßig auf der untern Kreide auf, ein glaukonitischer Sandstein, der sogenannte obere Grünsand, bildet hier die tiefste Abteilung und repräsentiert den untern Teil der Cenomanstufe, während die obere Hälfte dieser Abteilung aus Kreidemergel, dem Chalkmarl, besteht, einer Ablagerung, welche in ihrer Gesteinsbeschaffenheit eine Mittelstellung zwischen gewöhnlichem Mergel und weißer Kreide einnimmt. Darüber folgt die mächtige Masse der weißen Schreibkreide, deren untere, an Feuersteinen arme Abteilung die Turonstufe vertritt, während dem Senon die obere, von zahlreichen Feuersteinknollen und -Lagen erfüllte Lage dieses Komplexes zufällt. Nicht in ganz England liegt übrigens die obere Kreide regelmäßig auf dem Gault, sondern die höhern Glieder greifen stellenweise auf ältere Gesteine über und treten in isolierten Schollen an mehreren Punkten in Schottland, auf der Insel Mull und in Irland auf, und wir sehen also hier schon die ersten Spuren jener großen Transgression, welche oben erwähnt wurde.

Auf ähnliche Verhältnisse treffen wir im Pariser Becken, wo im östlichen Teile ebenfalls das Cenoman auf dem Gault auflagert, aber nach allen Richtungen über diesen hinausgreift; namentlich im westlichen Teile des Gebietes ruht die obere Kreide überall auf ältern, am öftesten auf jurassischen Bildungen. Hier sind die verschiedenen Ablagerungen zum großen Teile und an sehr vielen Punkten mit einer Menge prachtvoller Fossilien ausgestattet, weit mehr, als das bei den englischen Vorkommnissen der Fall war. Auch hier sind die cenomanen Ablagerungen durch einen Gehalt an Glaukonit ausgezeichnet, der überhaupt in dieser Stufe sehr verbreitet ist; darüber folgen Kreidemergel und weiße Schreibkreide, über der letztern treten aber noch jüngere Schichten auf, Kalke mit der gestreckten Ammonitenform der Bakuliten und der sogenannte Pisolithenkalk von Meudon bei Paris. Die obern Kreidebildungen umfassen im Pariser Becken eine zusammenhängende Zone, welche gegen die Ränder von Jurabildungen umkränzt ist. Diese stellen aber nicht etwa die einstigen Ränder des Kreidemeeres dar, sondern dieses hat nach Süden über das Pariser Becken hinausgereicht, ja selbst das mächtige Zentralplateau von Frankreich großenteils bedeckt, wie aus dem Vorkommen kleiner Denudationsreste von Kreidegesteinen an verschiedenen Punkten hervorgeht. Gegen Nordosten ist das Pariser Becken seit alter Zeit von einer großen Insel abgegrenzt, welche zur Zeit des Jura und der untern Kreide fast ganz Belgien, die Ardennen und einen Teil des westlichsten Norddeutschland, das Gebiet des Hunsrück, der Eifel, des Hohen Venn und einige Nachbarstriche, umfaßte. Auch diese große Insel wurde vom Meere der obern Kreide teilweise überflutet, die Schichten der letztern greifen im nordöstlichen Frankreich, in Belgien und namentlich in Westfalen über, im Cenoman treten, die Nähe des von der vorschreitenden Brandung benagten Strandes verratend, Konglomerate, die sogenannte Tourtia, auf, und auch sonst macht sich die Nähe eines Festlandes durch das reichliche Vorkommen sandiger Materialien bemerkbar.

Die westfälische Entwickelung und die ihr nahe verwandten Ablagerungen in Hannover, Braunschweig und den angrenzenden Gegenden sind durch das reichliche Auftreten mergeliger Kalke, sogenannter Pläner, ausgezeichnet; als Fortsetzungen dieser Vorkommnisse können die verschiedenen nördlich und nordöstlich gelegenen Kreidepartien betrachtet werden, welche uns die weite Verbreitung des Meeres in dieser Region zeigen. In Holstein, Schleswig, auf den dänischen Inseln, im südlichsten Schweden, auf Rügen und weiterhin bis Litauen sind solche Schollen von Kreidegebirge vorhanden, welche wahrscheinlich einen unmittelbaren Zusammenhang mit der südrussischen Region herstellen.

Wenden wir uns von dem nordwestlichen Deutschland nach Osten und Südosten, nach Sachsen, Böhmen und Schlesien, so finden wir durchaus andre Verhältnisse. In diesem Gebiete fehlt die untere Kreide vollständig, und die Schichten der obern Kreide liegen auf sehr viel ältern, meist paläozoischen und archaischen Bildungen auf. Indem die Gewässer hier ein Gebiet überfluteten, das seit überaus langen Zeiträumen festes Land war, wurden durch die Brandung des vordringenden Meeres große Massen von Gesteinen zerstört, es bildete sich eine Abrasionsfläche, und das zerriebene Material wurde zu mächtigen Sandsteinbildungen angehäuft, eine Erscheinung, die sich hier in sehr viel großartigerm Maßstabe zeigt, als wir das am Rande des Ardennenmassivs kennen gelernt haben. Allerdings wurde aller Wahrscheinlichkeit nach nicht die ganze böhmische Masse vom Meere bedeckt, sondern die Verbreitung der Kreidebildungen läßt vermuten, daß dieselbe wenigstens teilweise aus dem Meere hervorragte. Im sächsisch-böhmischen Gebiete findet die sogenannte Quaderentwickelung der obern Kreide besonders charakteristische Ausbildung; gewaltige Lagen dickbankiger, durch senkrechte Klüfte zur quaderförmigen Absonderung neigender Sandsteine wechsellagern mit mergelig-kalkigen Horizonten, sogenanntem Pläner, ab. Die tiefsten Schichten, welche dem untern Cenoman angehören, beginnen in der Regel mit pflanzenführenden Sandsteinen oder mit Sandsteinen und Konglomeraten mit zahlreichen, aber meist ziemlich klein bleibenden Rudisten; darüber folgen dann die übrigen teils sandigen, teils mergeligen Ablagerungen, welche den Rest des Cenoman, das Turon und den untern Teil der Senonstufe umfassen. Neben einer bedeutenden, aber im Vergleiche zu andern Gebieten nicht eben reichen Meeresfauna ist namentlich das Auftreten einer großen Menge von Pflanzenresten zu nennen, welche in Sachsen und Schlesien, am reichlichsten aber in Böhmen verschiedenen Horizonten eingelagert sind und eine der schönsten und reichsten Kreidefloren geliefert haben, die wir kennen.

Fortsetzung der sächsisch-böhmischen Kreidebildungen erstreckt sich nach Westen, nach Bayern, wo sie namentlich in der Umgebung von Regensburg schön entwickelt sind; aber einige isolierte Ausläufer bekunden, daß die Ausdehnung des Kreidemeeres hier eine sehr bedeutende war, daß aber seine Ablagerungen bis auf winzige Denudationsreste in späterer Zeit wieder zerstört wurden. Auch nach Osten, nach dem außeralpinen Teile von Mähren, erstreckt sich die Fortsetzung der Quaderentwickelung, wo sich bei der Ortschaft Moletein eine durch die prachtvolle Erhaltung ihrer Reste berühmte Fundstelle fossiler Pflanzen befindet. Weiterhin lagern in großer Verbreitung, aber allerdings großenteils durch eine Decke jüngerer Ablagerungen verhüllt, die obern Kreideschichten im außeralpinen Galizien und in einem großen Teile von Russisch-Polen auf sehr viel ältern Gebilden, aber hier zeigen die Ablagerungen eine sehr abweichende Entwickelung. Mit der Entfernung von der alten böhmischen Masse, welche das sandige Material für die umgebenden Meere geliefert hat, tritt die Quaderentwickelung zurück, in großer Ausdehnung finden sich glaukonitische Schichten des Cenoman, das Senon ist durch weiße Schreibkreide oder, wie in der Umgebung von Lemberg, durch fossilreiche Ablagerungen eines gelben, etwas sandigen Mergels vertreten. Ungeheure Flächen bedeckt die obere Kreide im südlichen Teile des europäischen Rußland, doch scheint deren Vorkommen nach den bisher bekannt gewordenen Daten nirgends den 55.° nördlicher Breite zu erreichen;

wohl mögen große Massen derselben durch Denudation zerstört sein, doch wäre es bei dem Umstande, daß die sehr wenig widerstandskräftigen Gesteine des obern Jura riesige Flächen im Norden bedecken, eine unzulässige Annahme, daß das Kreidemeer jene Gebiete bedeckt habe, daß aber alle seine Ablagerungen wieder abgetragen und spurlos weggewischt worden seien.

Wir kehren zu dem Pariser Becken zurück; von hier aus führen uns Verbindungen nach Süden zu einem Gebiete, in welchem uns die alpine Entwickelung der Kreide zum erstenmal begegnet. Einerseits ging eine Meeresstraße westlich vom zentralfranzösischen Zentralplateau nach dem Rhonethale, anderseits stehen die Ablagerungen in dem Thale der Charente nördlich von Bordeaux denjenigen der Umgebung von Tours sehr nahe, und wir erhalten eine Reihe von Übergängen zwischen den beiderlei Entwickelungsarten, welche das Verhältnis derselben zu einander leicht verständlich machen.

Ehe wir uns aber diesem Gegenstande nähern, müssen wir die Charaktere der nördlichen Kreidebezirke, deren örtliche Verbreitung wir bisher kennen gelernt haben, etwas näher ins Auge fassen. Die Meeresfauna ist hier durch das Zurücktreten der Ammoniten im Gegensatze zu der untern Kreide charakterisiert; zwar enthält das Cenoman deren noch eine beträchtliche Zahl, aber in den höhern Stufen sind nur einzelne Horizonte und Lokalitäten durch etwas reichlichere Vertretung derselben ausgezeichnet, so die an der Basis der Senonstufe gelegenen Emscher Mergel im nordwestlichen Deutschland, die zum obersten Senon gehörigen Ablagerungen von Haldem, einige Fundorte im Turon 2c. Dagegen ist die Cephalopodenabteilung der Belemniten und namentlich die Untergattung Belemnitella gerade in den nördlichen Gegenden auffallend stark entwickelt, dieselben stellen überaus charakteristische Typen dieser Region dar, welche Gümbel mit Recht als das Reich der Belemnitellen bezeichnet. Zahlreiche Formen von Muscheln und Schnecken treten in dieser Region auf, unter denen die Gattung Inoceramus besonders charakteristisch ist; dagegen sind alle die dickschaligen Formen, welche in der Korallenfacies ausgebildete Ablagerungen charakterisieren, nur sehr spärlich vertreten, die Aktäonellen, Nerineen sind Fremdlinge in diesem Gebiete, und auch riffbildende Korallen sind überaus selten; vor allem aber ist es die geringe Entwickelung der Muschelabteilung der Rudisten, welche für die nördliche Kreideentwickelung sehr charakteristisch ist.

In den Cenomanschichten sind die Ammoniten aus der Gruppe des Acanthoceras Rhotomagense mit plumpen, geraden, mit zahlreichen Knoten ausgestatteten Rippen verbreitet, ferner die Schlönbachien mit ihrem hohen Kiele auf der Außenseite der Windungen, die Skaphiten, bei welchen eine gestreckte, hakenförmige Wohnkammer sich an das sonst regelmäßig gewundene Gehäuse ansetzt; die turmartig gewundenen Turriliten beginnen hier und setzen sich in höhere Schichten fort, unter den Seeigeln sind namentlich die Gattungen Holaster und Discoidea verbreitet. Mit der Turonstufe fängt die große Häufigkeit der Inoceramen an, unter den Ammoniten ist Hoplites Woolgari sehr bezeichnend, die Seeigelgattung Galerites gewinnt an Bedeutung. Im Senon spielen die Belemnitellen, die Seeigelgattungen Galerites, Ananchytes und Micraster besonders wichtige Rollen; doch sind die Belemnitellen nur im obern Teile der Stufe verbreitet, wo Belemnitella quadrata ein tieferes, Belemnitella mucronata ein höheres Lager einnimmt. Bisweilen wird noch eine höhere Abteilung der Kreide, das sogenannte Danien, angenommen und zu derselben einige abweichend entwickelte Ablagerungen gerechnet, so die Tuffkreide von Maastricht, der Kalk von Faxö auf Seeland in Dänemark, der pisolithische Kalk von Meudon bei Paris 2c.; doch ist noch nicht hinlänglich nachgewiesen, daß diese Bildungen wirklich eine selbständige höhere Stufe darstellen und nicht nur abweichende Faciesentwickelungen des höchsten Teiles der Schreibkreide mit Belemnitella mucronata sind.

An die Kreideablagerungen von dem eben geschilderten Typus schließen sich, wie schon erwähnt, diejenigen in den beiden Departements der Charente, nördlich von Bordeaux bei

Angoulême und Rochefort, zum Teile eng an, sie enthalten aber auch schon einzelne Glieder in jener Ausbildungsweise, welche für Südeuropa in hohem Grade charakteristisch ist. Diese treffen wir dann in voller Entwickelung ihrer Eigentümlichkeiten in der pyrenäischen Region, in der Gebirgsgruppe der Corbières, in Languedoc und der Provence, überhaupt im südlichsten Teile von Frankreich, und sie ist auch in Spanien und Portugal allgemein verbreitet. Es ist vor allem das Auftreten mächtiger Kalkmassen mit zahllosen Rudisten, mit dickschaligen Schnecken aus den Gattungen Nerinea, Actaeonella, Glauconia charakteristisch, dazu gesellt sich häufig das Vorkommen von großen, Stöcke bildenden Riffkorallen und der eigentümlichen Einzelkorallen aus der Gattung Cyclolithes. Allein es ist das doch nur eine einzelne Faciesentwickelung, die unter bestimmten äußern Verhältnissen eintrat, und wenn deren Vorkommen in Südeuropa auch ein überaus verbreitetes ist, so müssen wir doch auch andre Entwickelungsarten ins Auge fassen. Cephalopoden sind in den Rudistenschichten in der Regel selten, aber die Ammoniten, welche sich hier finden, haben in der obern Kreide ebensogut wie in den frühern Ablagerungen einen eigentümlichen Charakter, der sich da in verstärktem Maße geltend macht, wo eigentliche Cephalopodenschichten auftreten, wie das an einigen Punkten in den österreichischen Alpen der Fall ist. Die Gattung Lytoceras, welche schon früher für die südliche Entwickelung bezeichnend war, ist es auch hier, besonders aber ist das Vorkommen mit den Amaltheen verwandter Formen mit stark reduziertem Lobenbaue, der sogenannten Kreideceratiten aus der Gattung Buchiceras, eine Eigentümlichkeit der südlichen Region in Europa sowohl als in Amerika. Anderseits liegen in der großen Seltenheit der Belemnitellen, in der geringern Menge der Inoceramen negative Merkmale von Bedeutung.

Schon im südlichen Frankreich und auf der Pyrenäenhalbinsel tritt uns eine interessante und wichtige Erscheinung entgegen, welche wir in vielen Gegenden wiederholt finden werden. Wir sehen nämlich, daß die Grenze zwischen den beiden Entwickelungsarten der obern Kreide sich bedeutend von jener Linie entfernt, welche während des Jura die mitteleuropäische von der alpinen Provinz schied, und von welcher auch in der untern Kreide die Trennungslinie zwischen beiden Regionen nicht sehr erheblich abwich. Ganz Spanien und Portugal sind, soweit die noch etwas unvollständigen Nachrichten reichen, alpin entwickelt, während früher die nordwestliche Hälfte der Pyrenäenhalbinsel mitteleuropäischen Charakter trug, und wir sehen also hier ein bedeutendes Vorschreiten des südlichen Typus nach Norden; dagegen weicht derselbe im östlichen Frankreich erheblich nach Süden zurück, die nördliche Entwickelung dringt hier vor, indem diese im ganzen Gebiete der Dauphiné unbedingt vorherrscht. Verfolgen wir von da aus die obere Kreide in der alpinen Region weiter, so finden wir in den Nordalpen, auf weite Strecken in der Schweiz, im nördlichen Tirol und im südlichen Bayern, nicht sehr charakteristische Ablagerungen mit wenigen Fossilien, von denen aber manche sich eher dem nördlichen als dem südlichen Typus nähern, und an einzelnen Punkten greifen echte Belemnitellenschichten in die nördlichen Teile der Alpen ein. Erst in der Umgebung von Salzburg, namentlich am Untersberge, treten wieder entschiedene Rudistenkalke auf, und von da an zieht sich dann eine lange Reihe einzelner typisch-alpiner Vorkommnisse, vorwiegend der Turon- und Senonstufe entsprechend, durch das Salzkammergut, durch Ober- und Niederösterreich bis an das östliche Ende der Alpen bei Wiener-Neustadt. Es sind das die vielgenannten und wegen ihres Versteinerungsreichtumes berühmten Gosauschichten, welche ihren Namen von dem reichsten Fundorte, der Gosau bei Hallstatt am nordwestlichen Fuße des mächtigen Dachsteingebirges im Salzkammergute, erhalten hat. Reine Rudistenkalke treten zwar auch in diesem Gebiete auf, häufiger aber finden sich thonige Kalke und selbst Mergel mit Rudisten und allen den andern charakteristischen Formen, und auf der Grenze zwischen turonen und senonen Bildungen findet sich mehrfach

ein Ammonitenhorizont eingeschaltet, der sich in seiner Fauna den Emscher Mergeln in Westfalen nähert, aber doch die Modifikationen zeigt, welche durch die Zugehörigkeit zum alpinen Gebiete bedingt sind.

Wollen wir diese Verhältnisse weiter nach Osten verfolgen, so müssen wir vor allem den gewaltigen Bogen des Karpathengebirges betrachten und zum Verständnisse desselben eine Bildung ins Auge fassen, welche zwar schon in den Alpen in großer Mächtigkeit vorhanden ist, aber erst hier ganz riesige Dimensionen annimmt. Dem ganzen Nordrande der Alpen entlang zieht sich durch die Schweiz, Südbayern und die österreichischen Gebiete zwischen den ältern Kalkbergen und dem aus jüngern Tertiärbildungen bestehenden Vorlande ein Gürtel meist ziemlich sanft gerundeter Vorberge, welche aus überaus versteinerungsarmen Sandsteinen, Kalkmergeln und Schieferthonen bestehen. Außer ziemlich zahlreichen Spuren niedriger Meerespflanzen aus der Klasse der Algen kommen näher deutbare Versteinerungen nur in den seltensten Ausnahmefällen vor. Es ist das die Sandstein- oder Flyschzone der Alpen; in der Schweiz, aus der der Name Flysch stammt, treten wesentlich alttertiäre Sandsteine auf, und auch in den bayrischen Alpen spielen dieselben die Hauptrolle, wenn auch einzelne glückliche Funde von Inoceramen zeigen, daß hier auch Schichten der obern Kreide in der Flyschentwickelung vorhanden sind. In den österreichischen Alpen nehmen diese immer wesentlichern Anteil, und gegen Wien zu, wo der ganze Wienerwald aus diesen Gebilden aufgebaut ist, ist auch die untere Kreide in dieser Weise ausgebildet.

Diese Verhältnisse wiederholen sich in den Karpathen, die ganze Kreide und das untere Tertiär sind im Karpathensandsteine, der Fortsetzung des alpinen Flyschzuges, vertreten, ein Unterschied zeigt sich nur in der ganz gewaltigen Mächtigkeit und der außerordentlichen Ausbreitung, die er gewinnt; er wird das verbreitetste Glied des ganzen Gebirges, ja in einigen Teilen der Ostkarpathen bestehen diese ihrer ganzen Breite nach nur aus Sandstein. Natürlich können wir aus den erwähnten charakteristischen Eigentümlichkeiten keinerlei Schluß auf die Zugehörigkeit dieses seiner Entstehung nach noch überaus rätselhaften Gebildes zur nördlichen oder südlichen Entwickelung ableiten, aber die wenigen der obern Kreide angehörigen Versteinerungen, welche gefunden wurden, nähern sich mehr dem erstern Typus. Wichtiger sind für uns die allerdings nicht sehr verbreiteten oberkretacischen Ablagerungen welche nicht der Sandsteinfacies angehören. So nähern sich die sogenannten Friedecker Schichten im österreichischen Schlesien ganz den außeralpinen Vorkommnissen; an vielen Punkten südlich von der Sandsteinzone treten in den Westkarpathen mächtige helle, kalkig-dolomitische Gesteine auf, die Chocsdolomite, die ihrer Entwickelung nach das massenhafte Vorkommen von Rudisten erwarten ließen, aber es findet sich keine Spur davon. Die Schipkower Schichten haben nur Inoceramen geliefert; dagegen haben sich Rudisten und Aktäonellen nur überaus spärlich an ganz vereinzelten Punkten gefunden.

Erst weiter im Süden gibt es wieder echt alpine obere Kreide, im Bakonyer Walde, im Peterwardeiner Gebirge, im Banat und im mittlern und südlichen Siebenbürgen. Auch hier ist also die Grenze der alpinen Entwickelung stark nach Süden verschoben worden; wenn wir nun den Verlauf der Trennungslinie zwischen den beiden Provinzen vom Atlantischen Ozeane bis Siebenbürgen verfolgen, so kommen wir zu dem interessanten Ergebnisse, daß die starken Unregelmäßigkeiten, welche diese Grenze zur Zeit des Jura und der untern Kreide zeigte, nun großenteils verschwunden sind; in den Gegenden, wo dieselbe früher auffallend weit südlich lag, in der atlantischen Küstenregion, ist sie von der Gegend des südlichen Portugal bis nördlich der Pyrenäen heraufgerückt, in den Alpen ist sie etwas, in den Karpathen sehr bedeutend nach Süden verschoben. Zur Jurazeit lag der südlichste Punkt der mitteleuropäischen Entwickelung ungefähr bei 39° nördlicher Breite, der nördlichste Punkt der alpinen Entwickelung etwa bei 50° nördlicher Breite, während der obern Kreide

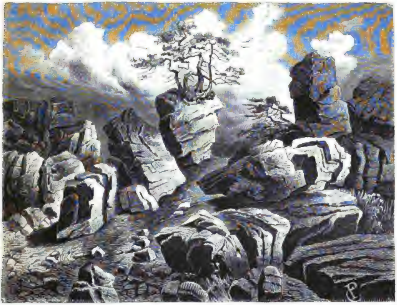
findet die Schwankung nur zwischen 44 und 48° statt. Wir können heute noch keinen Grund für diese auffallende Erscheinung angeben, welche in übereinstimmender Weise sich auch in andern Gegenden, in Indien und in Südamerika, wiederholt; allein es ist doch ein erster, bedeutsamer Schritt, wenn es gelingt, Verschiebungen der klimatischen Zonen überhaupt zu erkennen. Wenn es im weitern Verlaufe der Forschung möglich wird, ähnliche Vorgänge für eine Reihe aufeinander folgender Perioden nachzuweisen, dann wird man auch die Gesetzmäßigkeit solcher Veränderungen erkennen und daraus die Ursache abzuleiten im stande sein.

Noch eine andre wichtige Erscheinung tritt uns hier entgegen. Im Jura fiel die Grenze zwischen nördlicher und südlicher Entwickelung von der Dauphiné bis Siebenbürgen ganz genau mit der tektonischen Grenze zwischen den Kettengebirgen der Alpen und Karpathen und ihrem Vorlande zusammen, und hier passen die Ausdrücke alpin und außeralpin vortrefflich zur Bezeichnung der beiderlei Ausbildungsarten. Schon in der untern Kreide machen sich entschiedene, wenn auch nicht große Abweichungen von der tektonischen Scheidelinie geltend, in der obern Kreide dagegen werden dieselben sehr bedeutend, die tektonische und die klimatische Grenze zeigen in ihrem Verlaufe hier fast vollständige Unabhängigkeit voneinander.

Südlich von dem eben besprochenen Randgebiete tritt in Südeuropa allenthalben die alpine Entwickelung auf. Portugal und Spanien, Italien und vor allem der westliche Teil der Balkanhalbinsel sind durch die außerordentliche Entwickelung der Rudistenkalke ausgezeichnet, in dem letztern Gebiete erreichen diese die großartigste Entfaltung, die sie in ganz Europa überhaupt erlangen. Im südöstlichen Teile der Alpen, in Krain, beginnt dieses durch ungeheure Mächtigkeit ausgezeichnete Vorkommen, und in einer Anzahl nach Südosten, später nach Süden gerichteter Falten streichen sie durch das österreichische Küstenland (s. Abbildung, S. 383), durch Dalmatien, das westliche Bosnien, die Herzegowina, Montenegro, Albanien nach dem westlichen Griechenland, wo sie wohl das Maximum der Entfaltung erreichen und ihre Dicke an einigen Punkten kaum unter 3000 m veranschlagt werden kann; der Parnaß, der Korax, die ätolischen Alpen, fast der ganze Pindus bestehen aus diesem Gesteine. Wir haben an einer andern Stelle, bei Schilderung der Karsterscheinungen, den trostlosen Charakter der Gebiete kennen gelernt, und bezeichnend genug für die traurige Bedeutung der Rudistenkalke in diesen Ländern ist der Umstand, daß das Gestein von manchen Geologen geradezu Karstkalk genannt wird. Das Auftreten der Kreidekalke ist ein Fluch für die östlichen Küstenländer des Adriatischen und Jonischen Meeres, nie haben dieselben sich zur Blüte erheben können, während die Nachbargebiete sich zu Zentren der höchsten Kultur aufgeschwungen haben. Das östliche Griechenland, wo Kalke weit weniger entwickelt sind und in Form von Marmor das herrlichste Baumaterial liefern, ist zur Wiege der Gesittung geworden, in Italien haben sich nacheinander zwei Weltreiche, ein militärisches und ein geistliches, erhoben; aber das Territorium der Rudistenkalke, in der Mitte zwischen diesen Brennpunkten der politischen wie der kulturellen Geschichtsentwickelung gelegen, hat nie auf die Geschicke oder auf den geistigen Fortschritt der Menschheit Einfluß geübt. Wo der Rudistenkalk herrscht, erschöpft sich die Kraft der Bevölkerung im härtesten Kampfe gegen Armut, Not und Elend.

Übrigens ist die obere Kreide nicht in ganz Südeuropa in derselben Art entwickelt; in einem Teile der Südalpen und Italiens tritt als Vertreter des Senon ein dünnschichtiger, meist grell rot gefärbter Kalk mit außerordentlich wenigen Versteinerungen auf, die Scaglia der italienischen Geologen, und in Kalabrien finden sich isoliert sehr eigentümliche cenomane Austernschichten, welche sich in Nordafrika an vielen Punkten wiederholen: es ist ein Stück libyscher Entwickelung, welches an dieser Stelle von Italien herübergreift.

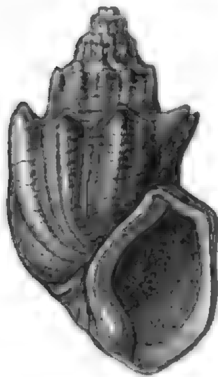
Als eine besondere Eigentümlichkeit verdient die große Verbreitung von Süßwasserablagerungen in der obern Kreide der alpinen Region genannt zu werden. In Spanien, der Provence, im Brandenberger Thale bei Brixlegg in Tirol, bei Salzburg, im Gosauthale bei Hallstatt, bei Hieflau in Steiermark, in der Neuen Welt bei Wiener-Neustadt, endlich bei Ajka in der Nähe des Plattensees in Ungarn finden sich Binnenablagerungen, welche häufig bauwürdige Kohlenflöze enthalten. Die vollständigste Reihenfolge tritt in der Provence auf, wo im obern Senon zwei Abteilungen von Süßwasserhorizonten unterschieden werden, zu oberst der Kalk von Rognac, welcher namentlich durch das häufige Auftreten der seltsam



Karstlandschaft aus der Gegend nördlich von Triest. Vgl. Text, S. 382.

geformten Lungenschneckengattung Lychnus ausgezeichnet ist, und unter diesem die Braunkohlenschichten von Fuveau. Durch günstige Erhaltung der Versteinerungen sind die provençalischen Vorkommnisse und diejenigen von Ajka ausgezeichnet, und namentlich die letztere Lokalität enthält eine Konchylienfauna von etwa 60 Arten, welche durch die Untersuchungen von Tausch bekannt geworden sind. Wohl haben manche dieser Fundorte ihre spezifischen Eigentümlichkeiten, z. B. die Provence ihre Lychnus-Arten, aber sie sind auch durch eine beträchtliche Anzahl übereinstimmender und nahe untereinander verwandter Arten verbunden und geben sich dadurch als einem zusammengehörigen Faunengebiete angehörig zu erkennen. Mit der an der Grenze zwischen Jura und Kreide auftretenden Süßwasserfauna des Purbeck und Wealden haben sie nur wenig gemein. War diese vorwiegend aus ziemlich unscheinbaren Typen zusammengesetzt, und hatte sie in der Jetztwelt ihre nächsten Verwandten im gemäßigten Nordamerika, so liefern die oberkretacischen Ablagerungen zahlreiche große und reichverzierte Arten, die sich bei vieler Eigenartigkeit immerhin am besten mit äthiopischen

und malaiischen oder polynesischen Typen vergleichen lassen. Unter den Landschnecken treten die sogenannten deckeltragenden Lungenschnecken oder Cyklostomaceen besonders hervor und sind durch die Gattungen Cyclotus, Megalomastoma, Strophostoma, Palaina und andre vertreten, doch finden sich neben ihnen auch echte Lungenschnecken aus den Gattungen Helix und Bulimus, und auch Lychnus ist ohne Zweifel hier anzureihen. Unter den Süßwasserbewohnern sind verschiedene Muscheln aus den verbreiteten Sippen Unio, Cyrena, Cyclas zu nennen, vor allem aber ist unter ihnen das Auftreten der jetzt ganz auf die äthiopische Region beschränkten Gattung Spatha hervorzuheben. Dazu gesellen sich zahlreiche Süßwasserschnecken aus den Gattungen Dejanira, Melania, Melanopsis, Pyrgulifera, Paludina, Hydrobia 2c. Am wichtigsten unter diesen Süßwassermollusken ist jedenfalls die eigentümliche, durch reiche Verzierung ausgezeichnete Gattung Pyrgulifera, welche von Rognac bis Ajka an einer Reihe von Lokalitäten in Menge vorkommt und durch die große Veränderlichkeit ihrer Formen auffällt. Diese Sippe, die namentlich bei Ajka prachtvoll vertreten ist, hat sich, abgesehen von diesen oberkretacischen Lokalitäten, noch nirgends in Europa gefunden (s. nebenstehende Abbildung).



Pyrgulifera, aus der obern Kreide von Ajka in Ungarn. (Nach Tausch.)

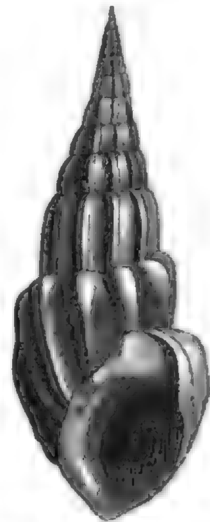
Merkwürdigerweise kehren manche dieser Typen in einer weit entfernten Gegend in annähernd gleichalterigen Schichten wieder. In weiter Verbreitung treten im westlichen Teile der Vereinigten Staaten als oberstes Glied der Kreideformation die sogenannten Laramieschichten auf, welche eine sehr zahlreiche Süßwasserfauna enthalten. In dieser finden sich Arten der Gattung Pyrgulifera wieder, teilweise denjenigen von Ajka so überaus ähnlich, daß eine Unterscheidung kaum möglich ist. Auch eine dort vorkommende Melanopsis, die einzige Art dieser Gattung, die aus Amerika bekannt ist, stimmt mit einer Form aus Ajka überein, und auch sonst machen sich noch einzelne Beziehungen dieser Lokalität zu der Laramiegruppe bemerkbar.

Ganz besonderes Interesse erhalten diese Vorkommnisse noch durch ihr Verhalten zur Jetztwelt. Die Pyrgulifera-Arten der obern Kreide sind seit langem bekannt, allein in neuerer Zeit hat man die Gattung auch lebend gefunden. Durch die zahlreichen Reisenden, welche ins Innere Afrikas eindringen, wird man allmählich mit der Süßwasserfauna der großen Seebecken in der äquatorialen Region bekannt. Es hat sich nun gezeigt, daß der Tanganjika durch eine vollständig fremdartige und im höchsten Grade eigentümliche Bevölkerung ausgezeichnet ist, mit einer großen Anzahl neuer Gattungen, die teilweise durch reiche Verzierung und merkwürdige äußere Ähnlichkeit mit gewissen Meereskonchylien auffallen. In dieser Gesellschaft tritt nun auch Pyrgulifera auf, genau mit denselben Merkmalen wie in der obern Kreide der Alpen und des amerikanischen Westens. Diese Erscheinung gewinnt noch bedeutend an Interesse durch den Umstand, daß sich noch ein zweiter, durchaus ähnlicher Fall hinzugesellt. Unter den als neu beschriebenen Gattungen des Tanganjika ist eine sehr charakteristische kleine Schnecke mit hohem, turmförmigem Gehäuse, mit Falten an der Mündung und einem eigentümlichen Spiralbande, welche den Namen Sirnulopsis erhielt. Allein bald zeigte es sich, daß es sich hier um keine bisher unbekannte Sippe handle, sondern daß dieselbe schon vor einer Reihe von Jahren durch Stache unter dem Namen Fascinella aus den sogenannten Cosinaschichten, einer auf der Grenze zwischen Kreide und Tertiär an der Küste des Adriatischen Meeres auftretenden Süßwasserbildung, beschrieben worden war.

Es sind ebenso schwierige wie interessante Probleme, welche uns durch solche Thatsachen aufgegeben werden; heute ist es nicht möglich, auch nur eine Vermutung aufzustellen, wie die Pyrguliferen und Fascinellen der obern Kreide Südeuropas in den Tanganjikasee

gelangt sind, oder wo sie sich in der langen Zwischenzeit zwischen der obern Kreide und der Jetztzeit aufgehalten haben. Aber es liegt uns hier ein Fingerzeig vor, der ohne Zweifel unschätzbaren Wert erhalten wird, wenn man es einmal unternehmen wird, aus den bekannten Thatsachen die Verteilung von Land und Wasser zur Kreidezeit zu ermitteln.

Ehe wir die südeuropäische Region verlassen, müssen wir uns noch mit einer sehr merkwürdigen Ablagerung befassen, mit den schon oben genannten Cosinaschichten, welche in Krain, Istrien und Dalmatien auftreten. Diese merkwürdigen Süßwasserbildungen, welche von Stache entdeckt und eingehend untersucht worden sind, stehen nach unten, mit ihren tiefsten Bänken, durch Wechsellagerung mit den Rudistenkalken der obern Kreide in innigster Beziehung, und ebenso eng sind sie nach oben mit marinen Ablagerungen des ältern Tertiär, der sogenannten Eocänstufe, verknüpft; sie bilden ein im süßen Wasser abgelagertes Bindeglied zwischen den beiden großen Formationen und spielen also hier dieselbe Rolle wie die Purbeck- und Wealdenbildungen auf der Grenze zwischen Jura und Kreide.



Stomatopsis, aus den Cosinaschichten von Istrien. (Nach Stache.)

Die Cosinaschichten gliedern sich in eine Anzahl von Horizonten und umfassen mehrere durch erhebliche Unterschiede voneinander abweichende Lokalentwickelungen. Im ganzen enthalten dieselbe eine Fauna von außerordentlicher Reichhaltigkeit, mit welcher sich an Artenzahl, Mannigfaltigkeit der Gattungstypen, Schönheit einzelner Formen und Eigentümlichkeit vieler interessanter Typen nur sehr wenige fossile Binnenfaunen messen können. Außer der schon oben genannten Fascinella findet sich noch eine Reihe eigentümlicher Gattungen, unter welchen die nebenstehend abgebildete Stomatopsis am meisten auffällt, und dazu noch ein ganzes Heer von Cerithien, Melanien, Paludomus, Melampus, Helix, Megalomastoma und eine Reihe andrer Gattungen. Mit Ausnahme von ganz vereinzelten Arten, die im ältesten Tertiär der Umgebung von Paris auftreten, sind es lauter Formen, die bisher noch an keinem Punkte der Erde gefunden worden sind.

Blicken wir auf die Entwickelung der obern Kreide in Europa zurück, so sehen wir, daß Einschaltungen von Süßwasserablagerungen namentlich in der alpinen Region sehr verbreitet sind und in dieser das vorwiegende Gestein ein Kalk ist, den wir nach seinem auffallenden Reichtume an großen, dickschaligen Muscheln und Schnecken als eine Seichtwasserbildung betrachten müssen. In der ganzen südeuropäischen Entwickelung kann höchstens die in ihrem Vorkommen ziemlich beschränkte Scaglia der Südalpen und des nördlichen Apennins als aus tiefem Meere stammend betrachtet werden. Im Gegensatze dazu haben wir im mittlern und nördlichen Europa in der weißen Schreibkreide ein sehr verbreitetes Gestein, das sicher nicht in seichtem Wasser abgelagert ist, und auch außerdem fehlt es nicht an zahlreichen Vorkommnissen, die auf Entstehung in tiefern Meeresteilen schließen lassen. Allerdings kommen daneben auch viele Seichtwasser- und Strandbildungen vor, aber trotzdem kann man aus dem Charakter der Sedimente doch folgern, daß im Durchschnitte im nord- und mitteldeutschen Kreidemeere die Tiefe des Wassers eine größere war als im südeuropäischen. Es ist das ein auffallender Gegensatz gegen die Verhältnisse der vorhergehenden Perioden, in welchen gerade die alpinen Bildungen Tiefseecharakter zeigten, der zwar gegen Norden auch nicht fehlte, aber minder ausgesprochen und bei einer geringern Zahl von Sedimenten hervortrat. Im Jura und in der untern Kreide geht das so weit, daß man mehrfach den Unterschied zwischen alpiner und außeralpiner Entwickelung nur durch das Vorhandensein größerer Meerestiefe in dem erstern Bildungsraume erklären wollte. Zwar ist diese Ansicht schon

aus mehrfachen andern Gründen als unhaltbar erkannt worden, aber auffallend tritt deren Unrichtigkeit durch die Thatsache hervor, daß wir aus der obern alpinen Kreide fast nur Seichtwasserbildungen kennen, und daß trotzdem die Provinzunterschiede dieselben bleiben.

Im nördlichen Afrika erreicht die obere Kreide im Gegensatze zu den vorhergehenden Ablagerungen große Verbreitung. Jura und untere Kreide waren nur in den gefalteten Kettengebirgen des Nordwestens, in Algerien und Tunis, vorhanden, dagegen sehen wir die obere Kreide durch den größten Teil des Wüstengebietes verbreitet, und wo sie in demselben fehlt, dürfte sie nur durch Denudation zerstört und weggeführt sein; das Meer scheint also in dieser Region fast um 10 Breitengrade nach Süden übergegriffen zu haben. In ungestört horizontaler Lagerung bedecken die Kreideablagerungen ungeheure Räume der nordafrikanischen Tafel, nur in den nordwestlichen Gegenden, in Algerien und im Atlas, erscheinen sie aufgerichtet. Im allgemeinen weichen diese nordafrikanischen Vorkommnisse sehr erheblich von den europäischen ab. Nur im nördlichen Algerien schließen sie sich den letztern an, sonst begegnet uns ein durchaus fremdartiger und eigentümlicher Typus, der sich mit keinem andern Vorkommen näher vergleichen läßt. An vielen Punkten, namentlich im westlichen Nordafrika, beginnt die obere Kreide mit mächtigen roten Sandsteinmassen, dem vielgenannten nubischen Sandsteine, über dessen Alter sehr viele verschiedene Ansichten aufgestellt worden sind; es scheinen unter diesem Namen rote Sandsteine von sehr verschiedenem Alter verwechselt worden zu sein, die Hauptmasse derselben aber gehört jedenfalls hierher. Abgesehen von diesen fossilarmen Sandsteinen, gehört die obere Kreide von Nordafrika zu den versteinerungsreichsten Ablagerungen der Erde, und in neuerer Zeit sind ungeheure Mengen prachtvoll erhaltener Fossilien in mehrere europäische Museen gekommen; aber leider besitzen wir noch keine nähere Beschreibung derselben, so daß es noch nicht möglich ist, sich eine richtige Vorstellung von ihrem Charakter zu machen. Die ausführlichsten Mitteilungen verdanken wir Zittel, welcher einen großen Teil der Libyschen Wüste bereist hat, aber der Band seines großen Werkes, welcher die Kreidefossilien ausführlich behandeln soll, ist noch nicht erschienen.

Als ein Charakterzug der afrikanischen Kreide ist das Auftreten austernreicher Schichten im Cenoman wie im Senon zu erwähnen, mit Arten, welche meist in Europa nicht vorkommen oder nur ganz vereinzelt in den südlichen Gebieten gefunden worden sind. Nur an einem Punkte reicht, wie schon oben erwähnt, eine cenomane Austernschicht von echt afrikanischem Gepräge nach dem südlichen Kalabrien herüber. Besonders fossilreich und verbreitet scheinen die senonen Austernschichten mit Ostrea Overwegi zu sein, welche von Overweg auf der Reise von Tripolis nach Ghadames entdeckt und von Beyrich beschrieben worden sind. Seither hat man diese Ablagerung an einer Menge von Stellen getroffen, und mit Staunen berichten die Reisenden, welche die Sahara gekreuzt haben, daß dieselbe an manchen Orten meilenweit mit wohlerhaltenen Austernschalen bedeckt ist. Überaus fossilreich sind ferner die Cenomanbildungen der Arabischen Wüste, zwischen Nil und Rotem Meere, in der Umgebung der ältesten Klosterstätten der Christenheit, der Klöster des St. Antonius und St. Paulus. An manchen Punkten treten auch Gesteine auf, welche an die weiße Schreibkreide von Nordeuropa erinnern, ohne jedoch deren charakteristische Fauna und namentlich die Belemnitellen zu enthalten.

Über die Tierwelt aller dieser Ablagerungen ist, wie schon erwähnt, noch sehr wenig bekannt, und es läßt sich daher nicht näher angeben, ob und in welchen Merkmalen der südliche Charakter hier ausgesprochen ist. Nur das eine läßt sich mit Bestimmtheit ersehen, daß die sogenannten Kreideceratiten, jene Ammonitenformen mit stark reduzierten Loben, welche überall auf die äquatoriale Entwickelung der obern Kreide beschränkt sind, im nördlichen Afrika eine große Rolle spielen und von Algerien bis zum Roten Meere verbreitet sind. Riffkorallen und Rudisten scheinen nur ganz untergeordnet aufzutreten oder, wenigstens in den

meisten Gebieten, vollständig zu fehlen. In ganz Afrika südlich von der Sahara ist, abgesehen von wenigen Küstengegenden, keine Spur von obern Kreidebildungen vorhanden; diese weite Region war offenbar festes Land, und nur an einzelnen Punkten greifen marine Ablagerungen an den äußersten Rändern über; in der Gegend von Natal kommen ammonitenreiche Ablagerungen vor, die mit denjenigen des südlichen Indien nahe verwandt sind, und von der Loangoküste am Ufer des Atlantischen Ozeanes hat Lenz eine Anzahl von Ammoniten mitgebracht, welche nach Szajnocha dem untern Cenoman angehören.

Im westlichen Asien sind ausgedehnte Ablagerungen oberer Kreide, die sich teils an diejenigen Südeuropas, teils an diejenigen Afrikas innig anschließen. Die Rudistenkalke, die in Griechenland eine so große Rolle spielen, finden sich auch auf vielen Inseln des Ägeischen Meeres, auf Chios, Symi, Kalymnos, Kos und einer Reihe von andern, und setzen von hier nach dem kleinasiatischen Festland fort, wo sie eine außerordentliche Verbreitung haben; im Kaukasus treten Rudisten- und Aktäonellenkalke auf, welche mit denjenigen der Gosauschichten in den Alpen die auffallendste Ähnlichkeit zeigen, während in der Krim sich Ablagerungen von nordeuropäischem Typus mit Belemnitella mucronata zeigen. In Syrien und Palästina kommt der nubische Sandstein in derselben Weise wie in Nordafrika vor, außerdem finden sich außerordentlich entwickelte Kalke mit Rudisten, aber auch mit einer Muschel- und Seeigelfauna, welche sich an die libyschen Vorkommnisse anzuschließen scheint, und die häufigen Kreideceratiten geben einen weitern Beleg für die Zugehörigkeit zu der südlichen Entwickelung. Von da zieht sich dann eine breite Zone von oberer Kreide nach Osten, auf der arabischen Halbinsel, in Persien, Afghanistan und Belutschistan sind Hippuritenkalke verbreitet; aus Indien ist nur eine Lokalität in Sind, nördlich von der Indusmündung, bekannt, wo das Vorhandensein solcher vermutet wird, dagegen treten sie in der Karakorumkette auf, und in der Nähe von Lhassa, der Hauptstadt des geologisch fast unbekannten Tibet, sind einige Exemplare der Schneckengattung Glauconia gefunden worden, welche für die Gosauschichten im hohen Grade charakteristisch ist. Wir sehen also in dieser Gegend wieder eine bedeutende Verschiebung der Provinzgrenzen seit der jurassischen Zeit, ein weites Vorgreifen der südlichen Entwickelung nach Norden. Hier hängt dies offenbar damit zusammen, daß das südlich vom Himalaja gelegene Jurameer nur durch eine schmale Straße nach Norden kommunizierte, während in der obern Kreide ein starkes Übergreifen des Meeres und damit eine freie Verbindung mit der tibetanischen Area stattfand.

Noch weiter im Norden haben in Turan und Turkistan die Untersuchungen von Muschketow und Romanowsky sehr versteinerungsreiche Schichten der obern Kreide kennen gelehrt; Rudisten sind hier sehr spärlich, am häufigsten treten Austern auf, die aber, soweit man bis jetzt urteilen kann, keinerlei Ähnlichkeit mit den Formen der nordafrikanischen Austernschichten, sondern eher mit Arten von Nordeuropa und Nordamerika zeigen; wir haben es aller Wahrscheinlichkeit nach mit einer Entwickelung der gemäßigten Zone zu thun. Aus Sibirien ist von oberer Kreide überaus wenig bekannt, und die sehr spärlichen Daten sind nicht geeignet, ein Bild von der Verbreitung ihrer Schichten zu geben; doch scheinen dieselben hier nur sehr wenig entwickelt zu sein, und die große nordasiatische Niederung lag wahrscheinlich damals zum größern Teile trocken.

Die östlichen und südlichen Teile Asiens, von Vorderindien bis in die Amurgegend, enthalten an einer Reihe von Punkten Bildungen der obern Kreide, die jedoch in ihrer Entwickelung von allem dem, was wir bisher kennen gelernt haben, gänzlich abweichen; wir werden sie später im Zusammenhange mit denjenigen Ablagerungen besprechen, mit welchen sie innige Zusammengehörigkeit zeigen. Während wir im äußersten Osten und Süden Asiens vollständige Verschiedenheit von den bisher besprochenen Typen sehen, kehren Verhältnisse, welche mit denjenigen Europas die größte Verwandtschaft zeigen, wieder, wenn wir die

östlichen Teile Nordamerikas ins Auge fassen. In ganz Nordamerika, mit Ausnahme des äußersten Westrandes, fehlt die untere Kreide vollständig, und die obere Kreide liegt übergreifend auf weit ältern, häufig auf archäischen oder paläozoischen Ablagerungen. Welche Ausdehnung diese Bildungen ursprünglich hatten, läßt sich für jetzt kaum bestimmen, ein Versuch, die Grenzen des Meeres festzustellen, wäre ziemlich aussichtslos; doch läßt sich mit ziemlicher Sicherheit behaupten, daß von großen Strecken die Kreidesedimente durch Denudation entfernt worden sind.

Ein weit ausgedehnter Komplex mariner Bildungen findet sich in den Küstenstaaten von New Jersey bis Südcarolina; hier ist die Übereinstimmung mit den Verhältnissen im nordwestlichen Europa eine auffallend große, und nach den Zusammenstellungen von H. Credner kann kein Zweifel herrschen, daß diese Ablagerungen mit denjenigen in England, Nordfrankreich und im nordwestlichen Deutschland die größte Verwandtschaft zeigen. Sehen wir in diesem Gebiete den nördlichen Typus vertreten, so finden wir anderseits im südlichen Teile der Vereinigten Staaten und vor allem in Texas Hippuritenschichten, welche sich der südeuropäischen Entwickelung aufs innigste anschließen, und hier stellen sich auch wieder die Arten der Gattung Buchiceras, die Kreideceratiten, ein, die charakteristischen Formen der wärmern Regionen. Es zeigt sich hier, wie F. Römer zuerst nachgewiesen hat, eine auffallende Übereinstimmung in der geographischen Verbreitung mit Europa, und dieses merkwürdige Verhältnis hat schon früh dahin geführt, in klimatischen Unterschieden eine Erklärung zu suchen. Vom südlichsten Teile der Vereinigten Staaten verbreiten sich dann die Rudistenschichten nach Mexiko, Westindien und Mittelamerika und greifen von hier nach der pazifischen Küste von Südamerika, wo sie sich bis nach Peru und Bolivia verbreiten.

Ein drittes Areal der Vereinigten Staaten von Nordamerika, in welchem die obere Kreide außerordentlich verbreitet ist, liegt weit im Westen, im Zentrum des Kontinentes. Hier breiten sich Ablagerungen aus, welche im Süden mit denjenigen von Texas in Verbindung stehen. Von hier aus erstrecken sie sich weithin nach Norden, zum großen Teile die Ebene am östlichen Fuße der Rocky Mountains bildend, und setzen sich hier nach Britisch-Nordamerika fort, wo ihre letzten Ausläufer ungefähr unter 55° nördlicher Breite gefunden worden sind. Auch westlich der Rocky Mountains setzen sich die Kreidebildungen bis zum Wahsatchgebirge östlich von der Mormonenstadt am Großen Salzsee von Utah fort, noch weiter westlich dagegen, bis zur Sierra Nevada, fehlen aber alle Spuren derartiger Ablagerungen. Es ist keine rein marine Entwickelung, mit der wir es hier zu thun haben. Die älteste Ablagerung, die Dakotagruppe, welche dem europäischen Cenoman verglichen wird, enthält vorwiegend die Reste von Landpflanzen, deren Charakter schon früher besprochen wurde, dann folgen sehr mächtige Schichten von vorwiegend, aber nicht rein marinem Charakter, deren Fauna sich dem nördlichen Typus nähert. Bedeckt werden diese Gebilde von der schon mehrfach erwähnten Laramiegruppe, einem Systeme teils brackischer, teils aus süßem Wasser stammender Ablagerungen, welche den Übergang zu der Tertiärformation vermitteln und bald zu dieser, bald zur obern Kreide gerechnet werden. Die sehr reiche Landflora hat in ausgeprägter Weise den Charakter einer alttertiären Pflanzengesellschaft. Wir dürfen allerdings nicht vergessen, daß die Zusammensetzung der Flora vielfach von Verhältnissen der geographischen Verbreitung weit mehr beeinflußt wird als von Altersunterschieden, soweit diese nicht sehr bedeutend sind, und daß daher ein entscheidender Beweis durch dieses Argument nicht gegeben ist. Unter den Süßwasserkonchylien, die durch White beschrieben worden sind, haben wir, wie oben gezeigt wurde, ausgesprochene Anklänge an die oberkretacischen Vorkommnisse der Nordalpen; aber daneben fehlt es auch nicht an entschiedenen Ähnlichkeiten mit den ältesten tertiären Süßwasserbildungen des Pariser Beckens, die sich

namentlich in dem Auftreten riesiger Arten der Gattung Physa geltend machen, ja wir finden auch äußerst bemerkenswerte Anklänge an die heutige Süßwasserfauna Nordamerikas. Unter den Wirbeltieren tritt vor allem das Vorkommen einer Anzahl großer Dinosaurier hervor, welche anderwärts noch nie in jüngern Ablagerungen als in denjenigen der obern Kreide gefunden worden sind; aber daneben sind einige Typen von Schildkröten und Krokodilen vorhanden, welche in den ältern Tertiärbildungen des Pariser Beckens wiederkehren, und an einer Stelle hat man zusammen mit den Dinosauriern der Laramieschichten auch Reste eines Säugetieres nachgewiesen. Es stehen sich so mannigfache Argumente für die Zuteilung der Laramieschichten zu der einen oder zu der andern Formation gegenüber, daß wir uns nicht entscheiden können, wenn auch die Zugehörigkeit zur obern Kreide wahrscheinlich ist; die Laramieschichten stellen sich uns vorläufig als Übergangsbildungen dar, welche eine ähnliche Stellung einnehmen wie die Cosinaschichten an der Ostküste der Adria, die endgültige Entscheidung über die Frage muß natürlich den Lokaluntersuchungen der amerikanischen Forscher überlassen bleiben.

Ein letztes Kreidegebiet Nordamerikas endlich erstreckt sich längs der Küste des Stillen Ozeanes und schließt sich im Süden an die mexikanischen Rudistenkalke an. Rudisten treten auch im südlichen Teile von Kalifornien auf, im nördlichen Teile des Staates aber findet sich eine abweichende Entwickelung der obern Kreide, indem hier wieder Anklänge an die nordeuropäische Entwickelung erscheinen. Allein diesen mischen sich als herrschendes Element andre Formen bei, die mit keiner der bisher näher besprochenen Gegenden Verwandtschaft zeigen; vor allem sind das zahlreiche Ammoniten, welche ihre nächsten Verwandten im indopazifischen Gebiete besitzen und zum Teile mit solchen aus Südindien, Japan ꝛc. genau übereinstimmen. Ganz ähnliche Verhältnisse finden wir auch an den nördlicher gelegenen Punkten der amerikanischen Westküste, an welchen obere Kreide auftritt, so auf der Vancouver-Insel und Charlotte-Insel; wir sind damit an die Grenze eines großen zoogeographischen Reiches der obern Kreide gelangt, dem wir unsre Aufmerksamkeit zuwenden müssen. Ehe wir jedoch auf diesen Gegenstand eingehen, ist es notwendig, noch ein überaus wichtiges Vorkommen oberer Kreide ins Auge zu fassen, welches noch der atlantischen Region angehört.

Die alte brasilische Masse stellt ein uraltes Festland dar, welches zur Zeit des Jura und wohl auch der untern Kreide noch quer über den Atlantischen Ozean mit Afrika zusammenhing. Kein Meer scheint nach Abschluß der Devonformation Brasilien mehr überflutet zu haben, bis mit Beginn der obern Kreide, die so gewaltige Verschiebungen in der Verteilung von Wasser und Land mit sich brachte, auch hier ein Übergreifen des Ozeanes stattfand. In Bahia treten weitverbreitet Süßwasserbildungen mit einigen Konchylienresten, mit den Gebeinen gewaltiger Dinosaurier und Krokodile auf, eine Ablagerung, welche in der Regel dem Neokom oder dem Wealden zugezählt wird. Über diesen folgen dann marine Gesteine mit Kreideceratiten, Inoceramen und gewaltigen Mosasauriden; an mehreren Punkten sind Schollen dieses Vorkommens nachgewiesen, welche wohl die Denudationsreste einer früher weitverbreiteten Ablagerung darstellen. Im Gebiete des Amazonenstromes finden sich ebenfalls in großer Verbreitung Kreidegesteine mit Pflanzenabdrücken und Mosasauridenresten, doch ist in dieser Region keine rein marine Fauna nachgewiesen.

Einen Typus der Kreideformation, der sich von dem bisher geschilderten sehr erheblich entfernt, finden wir, wie erwähnt, im Becken des Indischen und Pazifischen Ozeanes verbreitet; den am besten untersuchten, durch außerordentlichen Fossilreichtum bevorzugten Vertreter dieser Entwickelung liefert uns die indische Halbinsel in einer räumlich nur sehr wenig ausgedehnten Ablagerung, welche im südlichen Teile der Ostküste in der Gegend von Ponditscherri und Tritschinapalli (Trichinopoli) auftritt. So ziemlich die ganze obere

Kreide, vom Cenoman bis zum Senon, ist hier vorhanden, nicht aber die ältern Teile der Formation, das Cenoman liegt unmittelbar auf alten kristallinischen Schiefern auf. Die sehr reiche Fauna dieser Bildungen hat den Untersuchungen von Forbes, Blanford und Stoliczka gegen 800 verschiedene Arten geliefert, so daß wir uns eine gute Vorstellung von der Tierwelt jener Lokalitäten machen können.

Vergleicht man die Fauna der obern Kreide von Ponditscherri mit derjenigen der früher betrachteten Regionen, so macht sich sofort ein auffallender Unterschied in der großen Menge der Cephalopoden in den indischen Ablagerungen geltend; sie bilden hier etwa ein Fünftel der gesamten Fauna, während sie anderwärts durchschnittlich weniger als ein Zehntel der ganzen Artenzahl betragen. Namentlich erscheint bei Ponditscherri eine sehr große Anzahl von Ammoniten, während diese sonst selbst bei günstiger Faciesentwickelung nur eine untergeordnete Rolle spielen. Allein nicht nur die Reichhaltigkeit, sondern auch die Zusammensetzung der Ammonitenfauna ist sehr charakteristisch. Schließen sich die südindischen Vorkommnisse durch die Menge ihrer Ammoniten an die ältern Formationen an, so macht sich derselbe konservative Zug auch darin geltend, daß eine Anzahl von Gattungen, die in Jura und unterer Kreide sehr verbreitet waren, sich auch hier mit geringen Veränderungen fortsetzt, während sie in Europa, Nordafrika, West- und Mittelasien und im östlichen Amerika ausgestorben oder stark zurückgedrängt sind. Dahin gehören namentlich die Gattungen Olcostephanus, Phylloceras und Lytoceras, während der moderne Typus der Kreideceratiten (Buchiceras) hier nicht vorkommt. Als Angehörige der äquatorialen Zone geben sich die indischen Kreideformen hauptsächlich durch die bedeutende Anzahl von Lytoceras und Phylloceras, außerdem durch die häufig auftretenden Riffkorallen und das stellenweise Vorkommen von Rudisten zu erkennen; der Rest der Fauna, in welcher eine überaus große Zahl von Muscheln und Schnecken hervorragt, läßt vorläufig noch keinen Schluß auf die klimatischen Verhältnisse zu. Übrigens ist der Unterschied zwischen den Vorkommnissen von Ponditscherri und jenen Europas zwar ein sehr bedeutender und merklicher, aber durchaus kein radikaler; eine Menge verwandter Gruppen verbindet beide Gebiete, und es ist auch eine Anzahl gemeinsamer Arten vorhanden. Nach dem Charakter der Ammoniten, die für die Beurteilung derartiger Fragen in der Regel die besten Anhaltspunkte geben, sind namentlich mit dem europäischen Cenoman und ferner mit dem Niveau der von Schlüter beschriebenen Emscher Mergel auf der Grenze zwischen Turon und Senon Beziehungen vorhanden. Ja, es ist merkwürdig genug, daß, soweit unsre Kenntnisse reichen, die Kreide im südöstlichen Indien mit derjenigen in Europa weit mehr Verwandtschaft zeigt als mit derjenigen im nordwestlichen Indien oder im südlichen Arabien.

An die Kreide von Ponditscherri schließen sich nun zahlreiche gleichalterige Vorkommnisse im indopazifischen Gebiete aufs innigste an, die wir ihrer geographischen Reihenfolge nach betrachten wollen. Den äußersten, südwestlichsten Punkt bilden die schon früher erwähnten Ablagerungen an der Ostküste von Südafrika. In der Umgebung von Natal und im Zululande liegt obere Kreide übergreifend auf altem Gebirge, und Forbes und Griesbach haben von dort eine bedeutende Zahl von Ammoniten, Schnecken, Muscheln und Seeigeln beschrieben, welche zum großen Teile mit denjenigen von Ponditscherri übereinstimmen. Es ist das eine wichtige Thatsache, welche für die Beurteilung der Verbreitung von Wasser und Land in jener Zeit von großer Bedeutung ist: die große Ähnlichkeit dieser weit voneinander entfernten Punkte im Gegensatze zu der vollständigen Verschiedenheit zwischen dem südöstlichen und dem nordöstlichen Indien anderseits weist darauf hin, daß auch während der Ablagerung der obern Kreide jenes Festland noch existierte, welches wir zur Zeit des Jura und der untern Kreide zwischen der vorderindischen Halbinsel und Südafrika ausgebreitet sahen, und für welches wir den Namen der indomadagassischen Halbinsel angewandt haben.

Im Südwesten kennen wir kein weiteres Vorkommen von oberer Kreide, dagegen treffen wir dieselbe nordöstlich von Ponditscherri wieder, in Assam, am südlichen Fuße des östlichen Himalaja. Von verschiedenen Vorkommen in dieser Gegend ist nur dasjenige in den Kasihügeln näher bekannt, wo wieder die vollständigste Übereinstimmung mit dem südlichen Indien hervortritt. Von da scheint sich dann ein Strich von Kreidebildungen durch Birma und Arakan über die Andamanen und Nikobaren nach Sumatra zu erstrecken, doch ist über diese Vorkommnisse noch so wenig bekannt, daß wir über deren Beschaffenheit kein Urteil abgeben können; es scheinen hier vielfach Sandsteine und Schieferthone aufzutreten, welche mit denjenigen der Flyschzone in den Alpen Ähnlichkeit haben, auf Borneo kommen wieder sichere Kreideschichten vor.

In Neuholland findet man obere Kreide, doch sind die nähern Angaben über ihre Verbreitung sehr ungenügend; es sind aber von hier einzelne Ammoniten abgebildet worden, welche mit solchen aus dem südlichen Indien identisch zu sein scheinen.

Im Norden sind in Japan Ablagerungen dieses Alters mehrfach vorhanden, im Süden des Reiches finden sich Trigonienschichten, welche möglicherweise hierher gehören; von großer Bedeutung sind dagegen ammonitenreiche Bildungen auf der Nordinsel Jeso, deren Kenntnis wir Naumann verdanken; weiter nördlich setzen sich dann diese Bildungen nach der Insel Sachalin fort und sind auch im russischen Amurgebiete durch Fr. Schmidt nachgewiesen worden. Alle diese Punkte haben auch eine beträchtliche Artenzahl mit der Gegend von Ponditscherri gemein, und ebenso verhält es sich, wie schon erwähnt, an der Ostküste des Pazifischen Ozeanes, auf Vancouver- und Charlotte-Insel, an der Westküste von Britisch-Nordamerika und in Kalifornien; es treten dieselben verwandtschaftlichen Beziehungen hervor, wenn auch eine größere Anzahl spezifisch amerikanischer Formen vorhanden ist.

So sehen wir im weiten Bogen eine Reihe von Ablagerungen mit ähnlicher ammonitenreicher Fauna das indopazifische Becken der damaligen Zeit in riesigem Bogen von Südafrika bis Kalifornien umspannen und erhalten dadurch den Beweis für die Existenz einer gewaltigen zoogeographischen Provinz, welche in ihren Charakteren wesentlich abweicht von den Bildungen im mittlern und östlichen Nordamerika, in Brasilien, Europa, Nordafrika und Asien westlich von einer von Bombay nach Nordosten verlaufenden Linie. Wir haben es offenbar nach den hier genannten Vorkommnissen mit den Ablagerungen zweier größtenteils durch Festland getrennter Meeresbecken zu thun. Allein es tritt uns eine Schwierigkeit entgegen, die wir nicht unterschätzen dürfen: an der pazifischen Küste von Südamerika sollten wir offenbar wieder die Fauna von Ponditscherri erwarten. Bisher ist jedoch noch keine Spur davon in dieser Gegend gefunden, dagegen sind von hier einzelne Kreideceratiten, also charakteristische Formen der südeuropäischen, nordafrikanischen und ostamerikanischen oder, wie man sich ausdrücken kann, der atlantischen Äquatorialentwickelung, gefunden worden. Es ist das allerdings insofern nicht auffallend, als ja Texas, Mexiko und Zentralamerika damals vom Meere bedeckt waren und eine Einwanderung atlantischer Typen leicht erklärbar erscheint; allein ganz unerwartet ist, daß neben ihnen keine pazifischen Typen bekannt geworden sind. Es ist sehr wohl möglich, daß solche noch gefunden werden, zumal da gerade die obere Kreide der Anden noch sehr wenig erforscht ist, vorläufig aber schließt sich die Entwickelung hier an den atlantischen Typus an.

Süßwasserablagerungen der obern Kreide treten im indopazifischen Gebiete nur in geringer Ausdehnung auf. Das einzige nennenswerte Vorkommen, das bis jetzt bekannt ist, bilden die sogenannten Intertrappean Beds der indischen Halbinsel. Während das Kreidemeer in dieser Region nur wenig an den Rändern des Festlandes übergreift, treten im Innern ungeheure Massen basaltähnlicher Eruptivgesteine (Trapp) auf, welche sich in sehr merkwürdiger Weise über ungeheure Flächen in horizontalen Bänken erstrecken, offenbar

mächtigen Lavabecken, welche sich während der letzten Phasen der Kreidezeit von noch nicht näher bekannten Ausbruchsstellen ergossen haben. Diese feurigen Massen haben sich, wie es scheint, teilweise am Boden eines Süßwassersees ausgebreitet, und in den Zwischenzeiten zwischen den einzelnen Eruptionen lagerten sich hier sedimentäre Schichten ab, welche großenteils aus schwarzen Kieselgesteinen bestehen und an manchen Punkten, namentlich bei Nagpur im Dekhan, zahlreiche Süßwasserkonchylien enthalten. Eine nicht unbeträchtliche Zahl derselben zeigt ganz auffallende Verwandtschaft mit solchen der mehrfach besprochenen Laramieschichten im mittlern Nordamerika: riesige Physa-Arten, die Limnäensippe Acella, gefaltete Unionen, gewisse Cyrenen sind sehr charakteristische, beiden gemeinsame Typen, welche nahe Beziehungen zwischen den räumlich so weit voneinander getrennten Faunen bekunden.

Werfen wir einen Blick auf die Verbreitung der obern Kreide zurück, so fällt in erster Linie auf, daß marine Entwickelung ihrer Schichten im hohen Norden eine außerordentliche Seltenheit ist. Den Pflanzenschichten von Atane in Grönland ist eine unbedeutende marine Einlagerung mit Inoceramen eingeschaltet, und eine Koralle, welche als eine Art der obern Kreide gedeutet wird, ist in Sibirien in einem Diluvialgeschiebe unter 71° nördlicher Breite gefunden worden. Sonst kennen wir nördlich vom 60.° nördlicher Breite keine sichere Spur von marinem Cenoman, Turon oder Senon, und wenn es auch gerade für die sibirische Area ganz wahrscheinlich ist, daß mit der Zeit noch etwas derartiges gefunden werde, so ist doch jedenfalls die Ausdehnung eine verhältnismäßig sehr geringe und bleibt hinter derjenigen des obern Jura und der untern Kreide stark zurück. Diese Thatsache war schon Leopold v. Buch in hohem Grade aufgefallen, und er hatte angenommen, daß Kreideablagerungen überhaupt dem Norden fehlen; allein in dieser Ausdehnung ist der Satz nicht haltbar, zumal die Pflanzenschichten in Grönland den Beweis für die Existenz reichen organischen Lebens in hohen Breiten geliefert haben.

Gehen wir weiter nach Süden, so schlägt die bisher beobachtete Erscheinung in ihr Gegenteil um; namentlich in der nördlich gemäßigten Region und bis hinab zum 20.° nördlicher Breite ist marine obere Kreide die nahezu allgegenwärtige Formation, welche mit Ausnahme der alten chinesischen Masse überhaupt keinem ausgedehnten Landgebiete fehlt. Es tritt das um so auffallender hervor, als gerade die vorhergehenden Schichtgruppen, der oberste Jura und die untere Kreide, in diesen Gegenden wenig verbreitet sind, sie sind vorwiegend Formationen des hohen Nordens. Wir finden an dieser Stelle ein ganz gewaltiges Übergreifen des Meeres, die vielbesprochene und schon oben erwähnte Transgression der obern Kreide, die sich in großem Maße mit dem Beginne der Cenomanstufe geltend macht und bis gegen Ende der Kreide fortdauert. Im nördlichen Schottland, in England, Irland, Nordfrankreich, Belgien, Westfalen, Sachsen und Böhmen, bei Regensburg, im östlichen Teile der norddeutschen Ebene, in Dänemark und im südlichen Schweden, im außeralpinen Mähren und Polen, im europäischen Rußland südlich vom 55.° nördlicher Breite, in Turan und Turkistan, in Kalabrien, fast in ganz Nordafrika, in Arabien, Syrien, Kleinasien, Persien, Afghanistan, im Karakorumgebirge und in Assam und Japan, endlich im größten Teile von Nordamerika südlich von der kanadischen Grenze tritt uns dieses Übergreifen der obern Kreide bald in schwächern, bald in allergroßartigsten Verhältnissen entgegen. Auch in der äquatorialen und südlich gemäßigten Region ist eine Ausdehnung des Meeres deutlich bemerkbar, doch in geringerm Maßstabe, sei es nun, daß das Ansteigen des Meeres wirklich ein schwächeres war, oder daß unsre noch ungenügende Kenntnis jener Länder den wahren Umfang der Erscheinung noch nicht zu erkennen gestattet. Deutliches Übergreifen finden wir in dieser Region an der Loangoküste in Westafrika, in Natal, im südlichen Indien, in der Gegend von Bahia in Brasilien und aller Wahrscheinlichkeit nach in Westindien und Zentralamerika.

Es liegt nahe, aus den bekannten Thatsachen eine Rekonstruktion der Meere und Festländer der obern Kreide zu versuchen; die vorhandenen Daten reichen auch dazu aus, die großen Hauptzüge in dieser Richtung festzustellen, allein die Sache ist noch nie in Angriff genommen worden, und es würde zu weit führen, dies hier zu thun.

Ein Unterschied der klimatischen Verhältnisse tritt in der obern Kreide so deutlich, ja vielleicht noch klarer hervor als im Jura; in den allergröbsten Umrissen sind sich die Grenzen zwischen den gemäßigten und der heißen Zone seit der Jurazeit gleich geblieben, aber in den Einzelheiten machen sich namhafte Verschiebungen geltend; die äquatoriale Entwickelung ist im pyrenäischen Gebiete nach Norden vorgerückt, im südöstlichen Frankreich, einem Teile der Nordalpen und in den Karpathen nach Süden zurückgewichen, in Indien hat sie sich mächtig nach Norden vorgeschoben, während sie in Südamerika der südlich gemäßigten Zone bedeutendes Areal abgewonnen zu haben scheint. Es zeigt sich dabei, daß diese Veränderungen namentlich da vor sich gegangen sind, wo zur Jurazeit die Fauna der gemäßigten Zonen weit gegen den Äquator oder umgekehrt die äquatoriale Ausbildung weit gegen die Pole vorgeschoben war. In solchen Fällen hat eine Ausgleichung stattgefunden, die Abweichung der Grenzen von dem Verlaufe der Parallelkreise hat sich vermindert, und insofern macht sich eine Annäherung an die jetzigen Verhältnisse geltend. Welchen Ursachen aber diese Vorgänge zuzuschreiben sind, darüber sind wir noch nicht im stande, mit Bestimmtheit zu urteilen.

Es erübrigt noch, ehe wir zu einem jüngern Abschnitte der Erdgeschichte übergehen, die **nutzbaren Mineralien der Kreideformation** ins Auge zu fassen, mit welchen diese allerdings auffallend ärmlich ausgestattet ist. Von Erzen sind fast nur Eisenerze von einiger Bedeutung, welche an einigen Orten vorkommen, so die Hilseisensteine im nordwestlichen Europa, verschiedene Thoneisensteinflöze im Neokom der schlesischen Karpathen, welche zu ziemlich ansehnlichem Bergwerksbetriebe Anlaß geben, ferner einige Vorkommnisse in Frankreich. Auch Kohlen finden sich nur spärlich; in der Gegend von Hannover werden solche in den Ablagerungen des Wälderthones abgebaut, und bei Ajka in Ungarn und in der Gegend von Wiener-Neustadt werden die Kohlen der Gosauformation ausgebeutet, die Lignite von Fuveau im südlichen Frankreich gehören demselben Horizonte an, auch von Kreidekohlen in Spanien wird berichtet, und die Kohlenflöze der Cosinaschichten in Istrien gehören der Grenzregion zwischen Kreide und Tertiär an. Von größerer Bedeutung ist das Vorkommen von bituminösen Substanzen; bei Bentheim in Westfalen, im Val de Travers bei Neuchâtel in der Schweiz und an einigen Punkten in Dalmatien wird Asphalt gewonnen. Vor allem aber sind die Lagerstätten von Petroleum und Erdwachs (Ozokerit) in den ungarisch-galizischen Karpathen von Wichtigkeit, welche dort wesentlich an die ältern, der Kreideformation angehörigen Lagen der Sandsteinzone gebunden scheinen. Von Salzvorkommnissen ist das Auftreten einiger Solquellen im Gebiete der norddeutschen Wealdenbildungen zu nennen, mächtige Salzlager in Palästina und in Algerien werden hierher gerechnet, und manche betrachten auch die spanischen Steinsalzlager als hierher gehörig, dagegen scheinen die Vorkommnisse in der südlichen Sahara entschieden nicht der Kreide zuzufallen. Etwas günstiger ist unsre Formation mit Baumaterialien bedacht: die Quadersandsteine in Böhmen und Sachsen, die Rudistenkalke in der Mittelmeergegend liefern treffliche Bausteine, und die mergeligen Ablagerungen des Neokom haben an verschiedenen Orten, namentlich bei Kufstein in Tirol und in der Gegend von Grenoble im südlichen Frankreich, zu bedeutender Zementindustrie Anlaß gegeben. Endlich wird die weiße Schreibkreide zu den bekannten Zwecken an vielen Punkten gewonnen und geschlämmt. So verbreitet aber auch der Gebrauch dieses Materiales sein mag, so ist doch die technische Bedeutung dieser Ablagerung jetzt keine sehr bedeutende. Ganz anders aber verhielt es sich in alter Zeit, als ein frühes Menschengeschlecht auf niedrigster Kulturstufe Europa bewohnte und, ohne noch die Metalle und ihren Gebrauch

zu kennen, seine Werkzeuge und Waffen aus Steinen oder aus Knochen, Hörnern und Zähnen von Tieren verfertigte. In der Steinzeit war unter allen in Europa vielfach verbreiteten Materialien für die Herstellung von Messern, Beilen, Pfeil- und Lanzenspitzen und ähnlichem Geräte der Feuerstein das brauchbarste und gesuchteste, welches am häufigsten und besten jene Lagen von Feuersteinen in der obern Kreide lieferten. Heute sind die Einwohner eines Landes, welches Eisen und Kohle in Menge enthält, vor allen andern begünstigt, damals waren die Bewohner feuersteinreicher Gegenden in derselben Weise bevorzugt, und die Schreibkreide war in der Steinzeit offenbar die technisch wichtigste Ablagerung Europas.

Wir haben bisher nur von den normal entwickelten Gliedern der Kreideformation und den in ihnen vorkommenden nutzbaren Mineralien gesprochen; in manchen Gegenden treten jedoch kristallinische Schiefergesteine und Marmor auf, welche mit der größten Wahrscheinlichkeit als umgewandelte Ablagerungen der Kreideformation betrachtet werden können, wenn auch diese Auffassung von manchen Seiten noch bestritten wird. Wir haben in einem frühern Abschnitte die Verhältnisse in einer Gegend besprochen, in welcher solche Glimmerschiefer, Thonglimmerschiefer, Phyllit, Marmor rc. von kretacischem Alter in großer Verbreitung und Mächtigkeit vorkommen, nämlich in der Umgebung des Ägeischen Meeres und vor allem im östlichsten Griechenland. Namentlich der östliche Teil von Attika, für dessen geologische Untersuchung in neuerer Zeit viel geschehen ist, zeigt diese Verhältnisse in ausgezeichnetster Weise, und gerade hier treten in diesen metamorphischen Ablagerungen auch Lagerstätten von hoher technischer Wichtigkeit auf. Die größte Bedeutung kommt dem prachtvollen Marmor zu, dessen berühmte Brüche am Pentelikon und am Hymettos bei Athen hierher gehören; ob auch das herrlichste Material, der Marmor von Paros, so jungen Alters ist, bleibt vorläufig noch unsicher, jedenfalls aber ist das für eine Reihe von Punkten der Fall, an welchen die Werkstücke für die schönsten Bauten und Skulpturen des alten Griechenland gewonnen wurden. Ohne Zweifel hat der außerordentliche Marmorreichtum des Landes auf die Entwickelung von Bildhauerei und Baukunst der Griechen großen Einfluß geübt, ohne das Marmormaterial wäre jene höchste Blüte künstlerischer Entwickelung, deren zertrümmerte Reste noch heute unerreichte Muster darstellen, nicht in dieser Weise möglich gewesen, und so haben die Kreidegesteine von Hellas der menschlichen Kultur unschätzbare Dienste geleistet. Die Berge von Attika haben aber noch ein andres wertvolles Produkt geliefert; bei Laurion, nahe dem Kap Sunion, der südöstlichen Spitze des Landes, enthalten dieselben reiche Silber- und Bleierze, welche von den Alten in großem Maße ausgebeutet wurden, und denen auch heute wieder ein ausgedehnter Bergwerks- und Hüttenbetrieb gewidmet ist. Die Silberausbeute des Laurion wurde von den Athenern auf den Rat des Themistokles nach der Schlacht von Marathon zum Baue einer großen Kriegsflotte verwendet, welche in der Schlacht von Salamis die Freiheit Griechenlands rettete. Merkwürdigerweise enthalten ähnliche zu kristallinischen Schiefern umgewandelte Ablagerungen der Kreideformation auch in andern Gegenden reiche Erze, es gilt das namentlich von Kalifornien, wo die Coast Range, der die Küste einsäumende Bergzug, zahlreiche derartige Gesteine und in ihnen die reichsten Quecksilbervorkommnisse der Erde führt.

7. Die Tertiärformation[1].

Inhalt: Charakter, Verbreitung und Gliederung der Tertiärformation. — Gesteine. — Tertiäre Säugetiere; Beuteltiere. — Entwickelung der Placentaltiere. — Nageltiere. — Huftiere. — Nager, Edentaten, Wale. — Größenverhältnisse der Säugetiere. — Das Eocän im Londoner und Pariser Becken. — Die Nummulitenschichten und die ältere Molasse. — Das nordeuropäische Oligocän. — Das ältere Tertiär außerhalb Europa. — Die alttertiären Säugetierfaunen und Floren. — Allgemeine Verhältnisse des Miocän. — Das Miocän in Europa. — Die sarmatischen Ablagerungen. — Das untere Pliocän (pontische Stufe). — Mittleres und oberes Pliocän. — Jungtertiäre Ablagerungen außerhalb Europa. — Rückblick.

Charakter, Verbreitung und Gliederung der Tertiärformation.

Mit dem Ende der Kreideformation, der letzten unter den drei großen mesozoischen Gruppen, gelangen wir zu einem wichtigen Wendepunkte in der Erdgeschichte. Wir nähern uns dem jüngsten und letzten Weltalter, der känozoischen Periode, der Periode moderner Entwickelung, welche die Tertiärformation, die Quartärformation oder das Diluvium und die Jetztzeit umfaßt. Bedeutende Änderungen in der Verteilung von Wasser und Land wie in der Entfaltung organischen Lebens fallen annähernd mit der Grenze zwischen Kreide und Tertiär zusammen, Abweichungen von einer Bedeutung und einem Umfange, wie sie nur an wenigen Stellen in der geologischen Entwickelung in ähnlicher Ausdehnung auftreten, und sie machen diese Trennungslinie wenigstens für die große Mehrzahl der erforschten Länder zu einer der naturgemäßesten.

Der Charakter der Tertiärzeit wird häufig im großen und ganzen dahin definiert, daß mit ihrem Beginne die Grundzüge des heutigen Zustandes in ihren allgemeinen Umrissen gegeben sind, und daß von da an eine stete Annäherung an den heutigen Zustand stattfindet. Namentlich im Gegensatze zu der großen Gleichmäßigkeit in den äußern Lebensbedingungen für die Organismen und der weiten Verbreitung der letztern in der ältern Zeit sollen die charakteristische Mannigfaltigkeit in diesen Beziehungen, die Scheidung klimatischer Zonen, die engere Umgrenzung der Wohnbezirke der verschiedenen Tier- und Pflanzengesellschaften sich im Verlaufe der Tertiärzeit allmählich herausbilden.

Diese allgemeine Fassung ist eine entschieden unrichtige, sie enthält Wahres und Falsches fast unentwirrbar gemischt, und nur durch eine scharfe Prüfung der einzelnen Erscheinungen können wir eine richtige Vorstellung von den Vorgängen während der Tertiärzeit gewinnen. Es ist das eine Aufgabe von um so größerer Wichtigkeit, als das Verständnis unsrer heutigen Verhältnisse, der Bedeutung und Entstehung der jetzigen Meere und Festländer, der Geschichte und Verbreitung der uns umgebenden Lebensformen durch keinen Zweig geologischer Forschung mehr und nachhaltiger beeinflußt wird als durch das Studium der tertiären und diluvialen Ablagerungen.

In erster Linie haben wir es mit der unorganischen Natur zu thun, mit der Verteilung von Wasser und Land, der Gebirgsbildung, dem Grade der Wärme und ihrer Verteilung. In zweiter Linie handelt es sich um die Lebewelt, die aber auch wieder nach sehr verschiedenen Richtungen unser Interesse in Anspruch nimmt. Einerseits müssen wir uns mit dem Verschwinden einer Anzahl der wichtigsten mesozoischen Typen befassen, deren Fehlen einen der wichtigsten Charakterzüge der känozoischen Tierwelt ausmacht. Ein

[1] Die tertiären Ablagerungen werden folgendermaßen eingeteilt:

I. Oberes Tertiär oder Neogen.	II. Unteres Tertiär oder Paläogen.
A. Pliocän. B. Miocän.	C. Oligocän. D. Eocän.

zweiter Punkt betrifft den Bestand der Formen, die aus der mesozoischen Zeit ins Tertiär herüberreichen, und die Veränderungen, welche sie weiterhin erleiden. Endlich müssen wir die Verschiebungen der Wohnsitze, die geographische Verbreitung der Faunen und Floren ins Auge fassen. Wir werden uns dabei überzeugen, daß nicht in allen diesen Beziehungen eine gleichmäßige Annäherung an die Jetztwelt stattfindet, sondern daß sich sehr tiefgreifende Verschiedenheiten geltend machen.

In der Verteilung von Wasser und Land gehen auf der Grenze zwischen Kreide- und Tertiärzeit Veränderungen in sehr großartigem Maße vor sich; es findet ein sehr bedeutender Rückzug des Meeres aus weiten Gebieten statt, welche heute Festland sind, und in dieser Richtung ist natürlich eine gewaltige Annäherung an die heutigen Verhältnisse gegeben. Weite Strecken im nördlichen Deutschland, in Rußland und namentlich in Nordamerika werden trocken gelegt, und ihnen gesellen sich noch zahlreiche Gebiete mit schwächerm Landgewinne an. Immerhin wäre es unrichtig, zu behaupten, daß die heutige Verteilung des Meeres in ihren wesentlichsten Grundzügen schon zu Beginn des Tertiär vorgelegen habe. Das Vorhandensein eines Meeresarmes, der sich von Südfrankreich am Nordrande der Alpen durch die Karpathenländer und Ungarn nach Westasien erstreckte, läßt schon eine ziemlich weitgreifende Verschiedenheit erkennen. Allein noch weit auffallender gestalten sich die Differenzen weiter im Osten: von Kleinasien aus scheint sich während der ältern Tertiärzeit eine breite Wasserfläche bis Indien und in die tibetanische Region erstreckt zu haben, ja im Herzen von Zentralasien, in Turan, Turkistan und in der Pamirregion, sind nach den Untersuchungen von Muschketow und Romanovsky ausgedehnte und fossilreiche Ablagerungen dieses Alters gefunden worden. Rechnen wir dazu, daß das Londoner und Pariser Becken, Belgien, der größte Teil von Südeuropa, der Sahara und vermutlich auch von Arabien während des Eocän, des ersten Abschnittes des Tertiär, unter Meer waren, so sind das Unterschiede, die der ganzen Konfiguration der östlichen Halbkugel ein wesentlich von der jetzigen abweichendes Gepräge geben, und auch die westliche Hemisphäre bietet noch ein ganz fremdartiges Bild. Ebensowenig kann man behaupten, daß von Anfang des Tertiär bis heute eine stetige und allmähliche Annäherung an den jetzigen Zustand stattgefunden habe, denn abgesehen von geringern Schwankungen, finden wir, daß während der zweiten der vier Hauptabteilungen des Tertiär, während des Oligocän, wenigstens im mittlern Europa das Meer gewaltig an Raum gewonnen hat, ja in Gegenden vordringt, welche, wie das Becken von Mainz, seit dem Jura trocken gelegen haben.

Mehr Ähnlichkeit mit den jetzigen Verhältnissen finden wir allerdings, wenn wir die Tiefe, nicht die Ausdehnung der tertiären Meere in den jetzt festländisch gewordenen Gegenden betrachten; können auch keine genauen Maße angegeben werden, so ist es doch sicher, daß eigentliche Tiefseeablagerungen von pelagischem Charakter fast vollständig fehlen. Natürlich darf das nicht so aufgefaßt werden, als ob etwa nur reine Strand- und Seichtwasserbildungen vorhanden wären, wir kennen im Gegenteile aus allen Stufen des Tertiär Gesteine, welche gewiß aus einer Tiefe von einigen Hundert Faden stammen; aber abgesehen von einigen wenigen ganz isolierten Punkten, finden wir niemals die bezeichnendsten Tiefseetiere, die Kieselschwämme, die Seeigel aus der Familie der Ananchyten, die gestielten Krinoiden, oder ein Gestein, das sich mit dem Globigerinenschlamme der großen Meerestiefen vergleichen ließe. Die meisten Meeresbildungen gehören jenem Gürtel von Thon- und Sandbildungen an, welcher die Festländer umgibt, und die Kalke, welche sich finden, sind teils entschiedene Seichtwasser- und Brandungsbildungen, wie die verschiedenen Nulliporen- und Korallenkalke, teils legt das Vorkommen großer, dickschaliger, kalkiger Tierreste, wie in den Nummulitenkalken ꝛc., Zeugnis dafür ab, daß sie nicht aus tiefem Wasser stammen.

Wenn also auch ein sehr bedeutender Teil der jetzigen Festländer, namentlich in der nördlich gemäßigten Zone, zu Beginn des Tertiär noch unter Wasser war, so war doch diese Bedeckung keine sehr bedeutende, und es genügten verhältnismäßig geringe Bewegungen, um weite Gebiete trocken zu legen.

Anderseits waren im Tertiär noch bedeutende Landmassen vorhanden, welche heute verschwunden sind, und deren Stelle heute durch Meer eingenommen wird; wir werden einige solche Beispiele kennen lernen. Als sehr wichtig verdient namentlich eine Landmasse hervorgehoben zu werden, welche das nordwestliche Europa mit Nordamerika in Verbindung brachte, und von welcher die Faröer und Island heute noch stehen gebliebene Reste darzustellen scheinen. Anderseits läßt die außerordentliche Verwandtschaft, welche die Land- und Süßwasserbevölkerung von China mit derjenigen Nordamerikas zeigt, mit Bestimmtheit darauf schließen, daß Nordamerika und das nordöstliche Asien in Verbindung miteinander waren, und daß das Aleutische Meer trocknes Land war. Es ist also wahrscheinlich, daß eine Zeitlang das Nördliche Eismeer vom Atlantischen wie vom Pazifischen Ozeane getrennt war oder nur mit einem dieser durch einen wenig bedeutenden Kanal in Verbindung stand. Eine andre Reihe von Thatsachen weist darauf hin, daß erst nach dem Anfange der Tertiärzeit die Festlandsverbindung verschwunden ist, welche Afrika mit dem südlichen Amerika verband, und somit wäre die Entstehung des Atlantischen Ozeanes in seiner heutigen Gestalt erst in so junger Zeit vor sich gegangen. In einer andern Gegend sehen wir, daß auch Indien noch mit Madagaskar und Südafrika zusammenhing, und daß auch diese Verbindung erst im Laufe des ältern Tertiär zerstört wurde.

In den klimatischen Verhältnissen ist zwischen oberer Kreide und unterm Tertiär, wie es scheint, kein großer Kontrast zu bemerken. Die Grenze zwischen südlicher und nördlicher Entwickelung bleibt so ziemlich die gleiche, ja es scheint in dieser Beziehung hier weit weniger Verschiedenheit stattzufinden als zwischen unterer und oberer Kreide, und es sprechen sogar gewisse Anhaltspunkte dafür, daß das Klima zur Eocänzeit in unsern Breiten wärmer, also dem jetzigen weniger ähnlich war als in der zweiten Hälfte der Kreidezeit. Wenn für irgend einen Zeitabschnitt, so können wir für das mittlere und obere Eocän behaupten, daß das Klima in Europa ein tropisches war, während wir in der Landflora der obern Kreide und selbst des untersten Eocän eine nicht unerhebliche Anzahl von Formen gemäßigter Striche finden. Soweit also auf Anzeichen dieser Art überhaupt größerer Wert gelegt werden darf, müßten wir hier eine Zunahme der Temperatur annehmen. Im Verlaufe der Tertiärzeit fand dann im allgemeinen eine Abkühlung statt, so daß zum Schlusse dieser Periode in den Gegenden, für deren Beurteilung die nötigen Anhaltspunkte vorliegen, ein nur unbedeutend wärmeres Klima herrschte als heute. Dann aber kam es während der Diluvialzeit zu einer sehr erheblichen Abkühlung, mächtige Eis- und Schneemassen häuften sich an und bedeckten nicht nur die nordischen Lande und die hohen Gebirge, sondern von hier aus reichten Gletscher bis in die Ebenen Mitteleuropas herab, die wir noch heute mit dem von dem Eise transportierten Materiale großenteils bedeckt finden; polare Tiere und Pflanzen lebten in unsern Ebenen, und ähnliche Verhältnisse traten auch in den verschiedensten Ländern der nördlichen wie der südlichen Halbkugel auf. Es ist das die vielgenannte Eiszeit, nach deren Schlusse wieder ein allgemeines Steigen der Temperatur bis zu dem heutigen Zustande eintrat. Wir finden also auch auf diesem Gebiete kein ununterbrochenes Fortschreiten, sondern Schwankungen, welche an dieser einen Stelle sicher nachgewiesen sind, deren Vorhandensein aber, allerdings in minder auffallender Weise, auch für einzelne Zeitpunkte des Tertiär wahrscheinlich ist.

In den Erscheinungen der Gebirgsbildung tritt uns im Tertiär und namentlich in dessen jüngerer Abteilung einer der wichtigsten geologischen Vorgänge zum erstenmal

in genauer kontrollierbarer Weise entgegen. Die größten und höchsten Gebirge der Erde haben in dieser Zeit die letzten und bedeutendsten Aufstauungen erlitten, ihr heutiger Bestand geht wesentlich auf Massenbewegungen während der miocänen, bei manchen auch während der pliocänen Zeit zurück: die Alpen, Karpathen, Apenninen, die albanisch-griechischen Gebirge, der Kaukasus, der Himalaja, der Thianschan, die Kordilleren in Nord- und Südamerika und eine Reihe andrer fallen in diese Kategorie, und gleichzeitig fanden in vielen Gegenden mächtige Ausbrüche vulkanischer Gesteine, basaltischer und trachytischer Massen, statt. Vielfach ist die Vermutung ausgesprochen worden, daß die Tertiärzeit wirklich durch besonders intensive Gebirgsbildung und sehr reiche vulkanische Thätigkeit ausgezeichnet gewesen sei, eine Voraussetzung, die durchaus nicht von vornherein verworfen werden darf.

Wir haben diese Frage schon im ersten Bande (S. 335) besprochen und dabei gesehen, daß Hochgebirge nichts Bleibendes sind; im Momente des Beginnes ihrer Entstehung werden sie auch schon von den zerstörenden Kräften in Angriff genommen, und selbst das werdende, noch in der Aufrichtung begriffene Gebirge ist schon eine Ruine. Frost, Wasser, Kohlensäure und ihre Bundesgenossen tragen im Verlaufe der Zeit alles verhältnismäßig rasch ab, was über das normale Niveau emporragt, und nur diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß wir keine hohen Ketten von bedeutendem geologischen Alter finden. Sie sind zerstört, und die zahlreichen „erloschenen Gebirge“ (vgl. Bd. I, S. 335) geben uns ein beredtes Zeugnis von deren früherer Existenz; es ist daher kein Grund, im Tertiär eine ganz ausnahmsweise und einzig dastehende Entwickelung der gebirgsbildenden Kräfte anzunehmen. Dagegen ist es nicht unwahrscheinlich, daß im Verlaufe der Erdgeschichte die Äußerungen der gebirgsbildenden Kräfte bald stärker, bald schwächer waren, und daß uns gerade das Tertiär eine Periode energischerer Thätigkeit darstellt, wie deren schon in früherer Zeit manche dagewesen sein mögen.

Ähnlich verhält es sich mit der Frage bezüglich der eruptiven Thätigkeit. Hier kann nicht der mindeste Zweifel herrschen, daß in Europa das Tertiär sehr viel reicher an Ausbruchsstellen und daß deren Wirksamkeit eine weit intensivere war als in der ganzen mesozoischen Periode, und ebenso ist sowohl in Europa als in Nordamerika eine große Überlegenheit gegenüber der Jetztzeit bemerkbar. Allein man kann durchaus nicht behaupten, daß dies auch für alle andern Gegenden gilt; so sind z. B. in Indien die Ablagerungen der obern Kreide durch ungeheure Massen von Eruptivgesteinen, durch den bekannten Dekhantrapp, ausgezeichnet, und in den südamerikanischen Anden sind ebenfalls mesozoische Massengesteine von ganz riesiger Mächtigkeit und Verbreitung vorhanden. Das Stattfinden einer Periodizität in der Stärke eruptiver Erscheinungen ist zwar ziemlich wahrscheinlich, kann aber vorläufig mit wirklicher Sicherheit weder bestritten, noch behauptet werden; ein Urteil in dieser Richtung wird erst möglich sein, wenn wir einmal den geologischen Bau der ganzen Erde sehr viel genauer kennen, als das jetzt der Fall ist.

Wenden wir uns der Organismenwelt zu, so finden wir zunächst die Unterschiede zwischen der kretacischen und der tertiären Fauna durch das Aussterben vieler und teilweise sehr charakteristischer Typen scharf ausgesprochen. Unter den Wirbeltieren macht sich vor allem ein auffallender Rückzug der Reptilien bemerkbar; von jenen mächtigen Tieren, welche in Trias, Jura und Kreide die Beherrscher von Land und Meer waren, sind gerade die hervorragendsten Vertreter erloschen. Die gewaltigen Saurier des Meeres, die Ichthyosaurier, Plesiosaurier und Mosasaurier, von welchen die letztern gerade in der obern Kreide die höchste Blüte erreicht haben, sind spurlos verschwunden, an ihre Stelle treten von nun an die durch ihre Größe ausgezeichneten Meersäugetiere, die Cetaceen oder Wale. Die herrschende Abteilung der Landtiere, die mächtigen Dinosaurier, teilen dasselbe Schicksal, sie überleben das Ende der Kreidezeit nicht, oder es retten sich höchstens schwache Überbleibsel

bis in die erste Phase der neuen Formation, ohne sich länger zu erhalten; endlich verschwinden mit der Kreidezeit die Flugsaurier oder Pterodaktylen. Von allen durch ihre Größe hervorragenden Reptilien der Kreidezeit bleiben nur die Krokodile als bis in die Jetztzeit hereinreichende Überbleibsel eines frühern Weltalters, als lebende Fossilien, übrig, von kleinern Formen dauern die Eidechsen und Schildkröten fort, und die früher nur sehr schwach vertretenen Schlangen sind in steter Zunahme begriffen.

So auffallend dieses Zusammenschrumpfen der landbewohnenden Reptilien auch ist, so finden wir doch eine Erklärung in dem Überhandnehmen höher organisierter Formen, der Säugetiere und Vögel, denen ihre vollkommnere Organisation einen entschiedenen Vorteil verleiht. Überdies ist es verständlich, daß gerade so riesige Tiere, die eine ungeheure Menge von Nahrung bedürfen, und deren überaus unentwickeltes Gehirn ein Minimum von Intelligenz und von Fähigkeit, neue Verhältnisse zu beherrschen, bekundet, bei Veränderungen der äußern Lebensbedingungen am schwersten getroffen werden und am leichtesten aussterben.

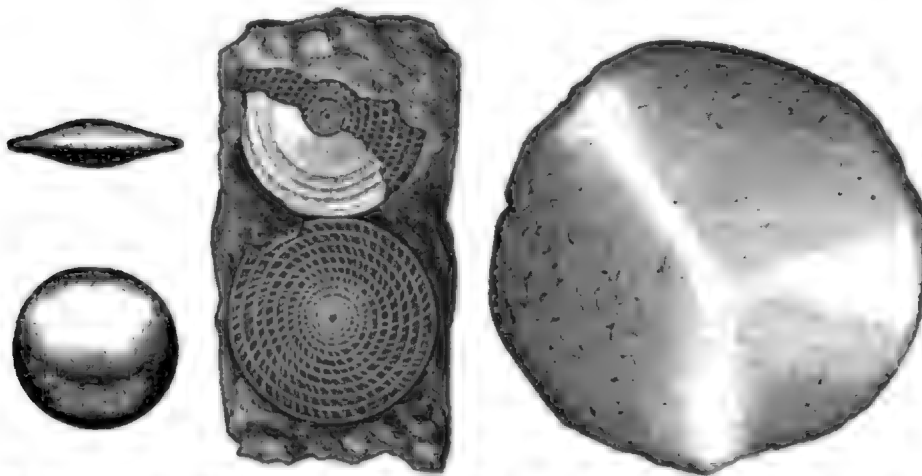
Können wir uns in diesem Falle eine Ursache der Veränderung denken, so verhält es sich anders mit den bedeutenden Lücken, welche wir bei den niedrigen Meerestieren einreißen sehen. In erster Linie betrifft das die bezeichnendsten Charaktertiere der mesozoischen Formation, die Cephalopoden, deren beide verbreitetste Abteilungen, die Ammoniten und die Belemniten, vollständig zurücktreten. Lange Zeit glaubte man, daß sie in der That auf der Grenze des Tertiär vollständig verschwinden, allein später hat man noch vereinzelte Nachzügler entdeckt. Schlönbach wies das Vorkommen eines sehr seltenen Belemniten im untern Tertiär Europas nach[1], und die amerikanischen Geologen haben gezeigt, daß in den zum untersten Tertiär gehörigen Schichten Kaliforniens auch noch vereinzelte Ammoniten auftreten. Wohl war man geneigt, diese letztere, den Erfahrungen in Europa widersprechende Angabe in Zweifel zu ziehen; allein die Beobachtungen, welche darüber vorliegen, erlauben kaum einen Zweifel an der Richtigkeit. Überdies müssen wir uns daran erinnern, daß die Ammoniten in der obern Kreide des pazifischen Beckens noch sehr verbreitet vorkommen, während sie in der atlantischen Region schon stark vermindert sind, und es kann daher gar nicht befremden, wenn sie in dem erstern Gebiete sich etwas länger erhalten als bei uns. Mögen sich aber auch vereinzelte Vertreter der Belemniten und Ammoniten noch im untern Tertiär finden, so sind das doch nur verschwindende Überreste, die bald ebenfalls untergehen, und das Fehlen dieser sonst so verbreiteten Tiere gibt dem Tertiär ein eigentümliches Gepräge. Unter den Schnecken verschwinden mehrere wichtige Gattungen, namentlich die Nerineen, Glaukonien und Aktäonellen, unter den Muscheln erleiden dies Schicksal die in der obern Kreide fast allgegenwärtigen Inoceramen. Ferner ist zu erwähnen, daß die in der Kreidezeit so verbreiteten Trigonien im Tertiär fast ganz auf die australische Region beschränkt sind, wo sie sich bis heute erhalten haben; vor allem aber bildet das Erlöschen der Rudisten einen überaus wichtigen Charakter. Diese seltsame Gruppe dickschaliger Muscheln, welche in der Kreide auftaucht und so gewaltig durch Formenreichtum und Individuenmenge hervorragt, scheint die Grenze der Kreideformation an keiner Stelle zu überschreiten. Von geringerer Bedeutung ist die Abnahme der Brachiopoden und eine Anzahl ähnlicher Erscheinungen, die wenigstens gegen die große Wichtigkeit der eben genannten weit zurücktreten. Man kann ferner eine Anzahl von Typen

---

[1] Man hat allerdings in neuerer Zeit für diesen tertiären Belemniten eine selbständige Gattung Bayanoteuthis aufgestellt und daraufhin behaupten zu können geglaubt, daß im Tertiär doch keine Belemniten vorkommen; allein diese neue Gattung hat nur dann Existenzberechtigung, wenn man die ganze Formenmenge der Belemniten in zahlreiche Sippen auflöst. Zu den Belemniten im althergebrachten Sinne gehört Bayanoteuthis ohne allen Zweifel trotz ihrer Oberflächenrunzelung, und man ist daher nach wie vor berechtigt, von tertiären Belemniten zu sprechen.

nennen, die in der Kreideformation verbreitet vorkommen, aber im Tertiär bisher nur sehr wenig gefunden worden sind, von denen aber trotzdem mit Bestimmtheit behauptet werden kann, daß sie in namhafter Zahl existierten; dahin gehören die Ananchytiden unter den Seeigeln, die gestielten Krinoiden und die Kieselschwämme. Alle diese Formen kommen in der Jetztzeit in großen Meerestiefen in beträchtlicher Zahl vor, und daß deren aus dem Tertiär nur so wenige vorliegen, rührt lediglich daher, daß wir von hier keine eigentlichen Tiefseefaunen kennen.

Wenn sich aber auch einige scheinbare Abweichungen in dieser Art als in Wirklichkeit nicht existierend erweisen, so sind doch die oben genannten Fälle von so außerordentlicher Bedeutung und begründen einen so tief greifenden Unterschied zwischen Kreide und Tertiär, daß wir hier einen der einschneidendsten Kontraste finden, welcher zwischen rasch aufeinander folgenden Faunen überhaupt existiert. Namentlich durch das Verschwinden von Ammoniten, Belemniten, Inoceramen und Rudisten erhält die Fauna der wirbellosen Meerestiere ein durchaus andres Gepräge; allein vergebens sehen wir uns nach einem hinreichenden Grunde um, welchem der Untergang dieser so überaus entwickelten Formengruppen zugeschrieben werden könnte. Allerdings nehmen in der zweiten Hälfte der Kreideformation die Knochenfische mächtig überhand, gefährliche Räuber, welche auf Kosten schwächerer Tiere lebten, und es liegt nahe, die ungefähr seit jenem Zeitpunkte beginnende Verminderung der Ammoniten und Belemniten und ihr endliches Verschwinden mit dem Umsichgreifen dieser neuen Feinde in Zusammenhang zu bringen; wir wissen ja, daß auch jetzt die nackten Cephalopoden von den Fischen mit Vorliebe gefressen werden. Dagegen ist es durchaus unwahrscheinlich, daß die Vermehrung der letztern z. B. von irgend nennenswertem Einflusse auf das Fortkommen der Rudisten war, welche in ihren überaus soliden, dickwandigen, am Boden festgewachsenen Schalen wie in einer Festung vor Angriffen gesichert waren.

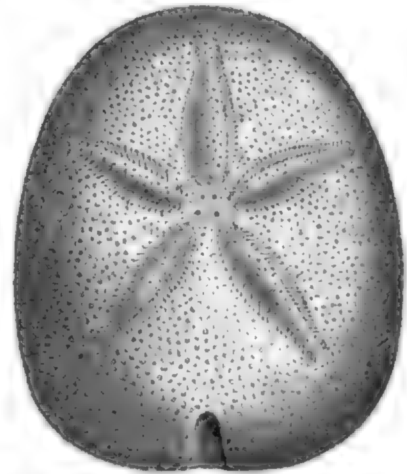

Nummuliten: rechts und links vollständige Exemplare, in der Mitte zwei Durchschnitte im Gesteine.

Durch das Aussterben dieser alten Typen erhält die marine Meeresfauna ihren wesentlichen Charakter, in den meisten übrigen Beziehungen steht sie derjenigen der obern Kreide überaus nahe, wie das aus einem raschen Überblicke über die wichtigsten Formen hervorgeht.

Allerdings gibt es gerade unter den niedersten Tieren, unter den zu den Urtieren gehörigen Foraminiferen, eine Abteilung von Formen, die Nummuliten, welche, in frühern Formationen nur überaus spärlich vertreten, hier plötzlich zu ganz enormer Entwickelung gelangen. Sie stellen das höchst entwickelte Glied ihrer ganzen Klasse dar, und sie sind gleichzeitig die Riesen dieser Abteilung, manche unter ihnen erreichen eine Größe von 60 mm, während allerdings andre in ihrem Wuchse weit zurückbleiben und 2 mm nicht überschreiten. Die linsenförmigen, bisweilen fast kugeligen Gehäuse bestehen aus zahlreichen stark umfassenden Spiralwindungen, deren Zahl bis zu 50 ansteigen kann, und welche durch eine Menge von Scheidewänden in sehr viele Kammern geteilt werden. Die Schale ist fein porös und

enthält in gewissen Partien ein verzweigtes System von Kanälen. Die geologische Verbreitung der Nummuliten ist eine sehr große; vereinzelte Exemplare sind schon im paläozoischen Kohlenkalke gefunden worden, einen Vertreter hat Gümbel aus dem Jura beschrieben, und auch der obern Kreide scheinen solche nicht ganz zu fehlen. In allen diesen Ablagerungen sind sie aber durchaus vereinzelt und gehören zu den allergrößten Seltenheiten; erst nach Beginn des Tertiär nehmen sie an Größe, Artenzahl und Individuenmenge ganz erstaunlich zu, sie sind in eocänen und teilweise auch in oligocänen Bildungen in vielen Gegenden in solcher Menge aufgehäuft, daß sie für sich allein ganze Schichtsysteme zusammensetzen, und zwar finden wir, daß wenigstens auf einem großen Teile der Erdoberfläche ihre Verbreitung merkwürdigerweise dieselbe ist, welche die Rudisten in der obern Kreide zeigten: sie nehmen fast genau dieselbe Zone ein, welche zu beiden Seiten des Mittelmeeres verläuft, das alpin-karpathische Gebiet mit umfaßt und sich von da nach Osten bis Indien erstreckt, während sie außerhalb dieses Gebietes in geringerer Zahl vorkommen.

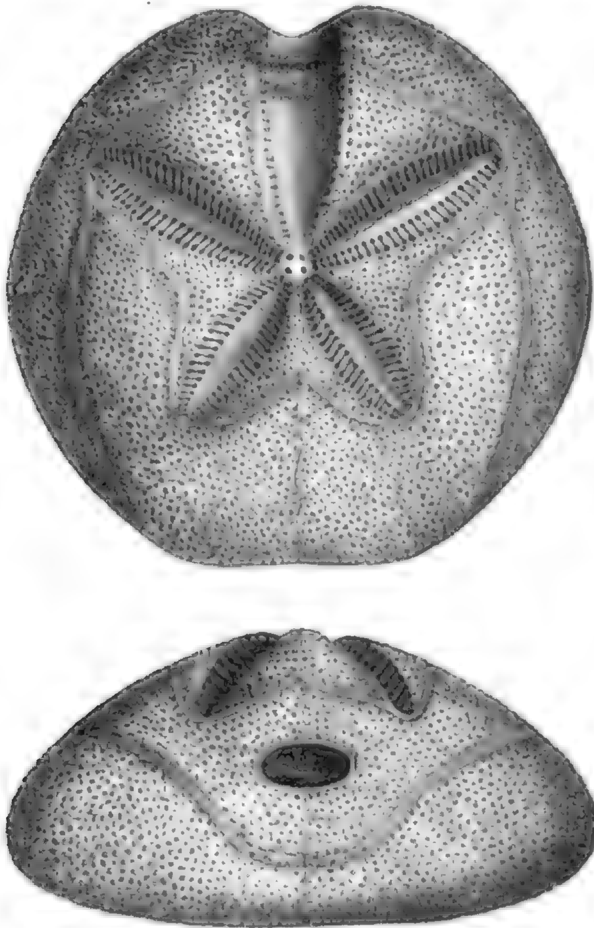
Die mächtige Blüte dauert übrigens nur sehr kurze Zeit; schon in der Oligocänzeit sind die Nummuliten stark im Rückgange, im obern Teile des Tertiär und in der Jetztzeit sind sie überaus selten und nur durch wenige kleine Formen vertreten. Wir finden hier eine vollständige Parallele zu dem plötzlichen und massenhaften Auftreten großer Foraminiferen, der Fusuliniden im obern Kohlenkalke und deren raschem Verschwinden, und in beiden Fällen ist die Erscheinung eine gleich rätselhafte. Allein noch in einer zweiten Richtung knüpft sich ein eigentümliches Interesse an das Vorkommen der Nummuliten. Sie stellen uns in der Entwickelung der Meerestiere eine vollständige Ausnahme von der vielbesprochenen Annäherung dar, welche während des ganzen Tertiär an die Jetztzeit stattfinden soll, sie bilden eine wichtige Abweichung von dem geradlinigen Fortschritte zu den heutigen Verhältnissen. Besonders interessant aber ist, daß von den zwei größern Gruppen wirbelloser Meerestiere, welche das Tertiär vor der Kreidezeit besonders charakterisieren, die eine, die Nummuliten, fast ganz auf das untere Tertiär beschränkt ist, die andre, die später zu besprechende Seeigelfamilie der Clypeastriden, hier nur sehr spärlich vertreten ist und erst vom Miocän an Bedeutung gewinnt. Unter den übrigen Foraminiferen lassen sich noch einige für das Tertiär bezeichnende Gattungen nennen, wie z. B. die Alveolinen; von etwas höher organisierten Protozoen kommen die zierlichen Kieselgerüste der Radiolarien an einzelnen Orten in großer Menge vor, doch ist deren Verbreitung keine so allgemeine, daß sie für den Geologen von Bedeutung sein könnten. Unter den Cölenteraten sind die Schwämme, wie schon erwähnt wurde, außerordentlich selten, dagegen sind die Korallen sehr entwickelt, ohne jedoch der Kreidezeit gegenüber sich durch hervorragende neue Typen auszuzeichnen.



Echinanthus scutella, aus dem obern Eocän der Umgebung von Vicenza. (Nach Dames.)

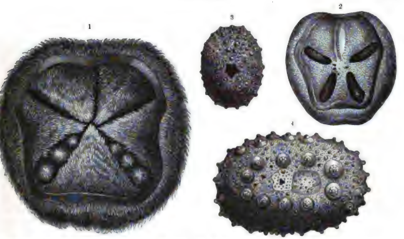
Unter den Stachelhäutern oder Echinodermen sind nur die Seeigel von sehr großer Bedeutung und kommen stellenweise in außerordentlicher Menge und Mannigfaltigkeit vor; neben zahlreichen regulären Formen, neben einer Menge von Kassiduliden, unter welchen Echinolampas, Echinanthus (s. obenstehende Abbildung) und andre durch Häufigkeit hervorragen, sind namentlich zwei Familien von außerordentlicher Bedeutung, nämlich die Clypeastriden und die Spatangiden. Die letztern sind schon in der Kreideformation zahlreich vorhanden, allein erst im Tertiär und in der Jetztzeit erreichen sie ihre stärkste Ausbildung (s. die Abbildung von Linthia Heberti, S. 402), sie sind die höchst entwickelten

unter allen Seeigeln und weichen von deren einfachsten regulären Typen so weit ab, daß man an eine Abstammung von den letztern kaum zu glauben geneigt wäre, wenn nicht unmittelbare Beweise dafür vorlägen. Abgesehen von der paläontologischen Erscheinung, geht dies namentlich aus der Jugendentwickelung dieser Tiere hervor, die allerdings lange Zeit hindurch nicht bekannt war, weil man die jungen Spatangiden infolge ihrer von den Erwachsenen außerordentlich abweichenden Gestalt nicht als das erkannt hatte, was sie sind. Erst spät ist es infolge einer höchst eigentümlichen Einrichtung, die bei manchen Arten vorkommt, den Zoologen gelungen, dieses Rätsel zu lösen. Bei einzelnen Arten, z. B. bei Hemiaster cavernosus (s. die Abbildung, S. 403 oben), sind die blumenblattähnlichen Fühlergänge oder Ambulakren, welche auf der Oberseite der Schale liegen, sehr stark vertieft, die Eier gelangen bei ihrem Austritte aus den Genitalporen in diese breiten Furchen, die durch die darüber sich kreuzenden Stacheln in eine sichere Kinderstube verwandelt werden, und hier entwickeln sich nun die jungen Spatangen, deren Zugehörigkeit zu den alten durch die Auffindung in diesem Brutraume sichergestellt wird, die aber von den letztern ganz außerordentlich abweichen: der fünfeckige Mund liegt in der Mitte der Unterseite, der After in der Mitte der Oberseite, die Fühlergänge sind schmal, nicht blumenblattförmig erweitert, die Stachelwarzen und Stacheln groß und in geringer Zahl vorhanden; kurzum, man erhält ganz das Bild eines regulären Seeigels, und erst im weitern Wachstume entwickeln sich die Merkmale der Spatangiden.

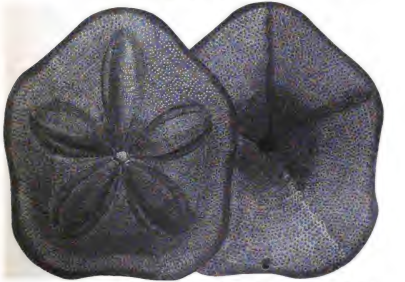


Linthia Heberti, aus dem obern Eocän der Umgebung von Vicenza. (Nach Dames.) Vgl. Text, S. 401.

Besonders charakteristisch ist die Seeigelfamilie der Clypeastriden (s. Abbildung, S. 403 unten), welche in der Kreidezeit nur durch einzelne kleine Vorläufer vertreten war. Sie umschließt Formen mit zentralem Munde und exzentrischem After, mit kräftigem Gebisse, mit breiten, blumenblattförmigen Ambulakren und verhältnismäßig schmalen Interambulakralzonen. Endlich finden wir als eine besondere Eigentümlichkeit im Innern der Schale Strebepfeiler von Kalk angebracht, welche dem Ganzen Festigkeit verleihen, deren namentlich die großen, in starker Brandung lebenden Arten in hohem Grade bedürfen. Im allgemeinen schließen sich die Clypeastriden am nächsten an die Diskoideen (s. S. 350, Fig. 8—10) der Kreideformation an, bei welchen schon die erste schwache Andeutung blumenblattähnlicher Ambulakralbildung gegeben ist und durch das Vorhandensein innerer Leisten die Strebepfeiler schon vorgebildet erscheinen. Wenn wir übrigens in dem Hervortreten der Clypeastriden einen neu aufkommenden Charakter der Tertiärablagerungen sehen, so gilt das doch durchaus nicht für alle Teile der Formation; in der ältern Hälfte derselben sind die Clypeastriden kaum häufiger und nur wenig besser vertreten als in der Kreide, und erst im obern Tertiär nehmen sie stark überhand.



Hemiaster cavernosus, rezent. 1. Erwachsenes Exemplar, die Stacheln über den beiden hintern Ambulakren zusammengelegt. — 2. Etwas kleineres Exemplar ohne seine Stacheln. — 3. Ganz junges Exemplar von der Bauchseite, mit dem fünfeckigen Munde; vergrößert. — 4. Ganz junges Exemplar von der Rückenseite; stärker vergrößert. (Nach Al. Agassiz.) Vgl. Text, S. 402.



Clypeaster grandiflorus, aus dem Miocän; von oben und von unten. (Nach Desor.) Vgl. Text, S. 402.

Von andern Abteilungen der wirbellosen Meerestiere sind die Vertreter der Würmer von geringer Bedeutung, Mooskorallen oder Bryozoen sind in außerordentlicher Menge vorhanden; aber ihre Verbreitung ist noch zu wenig studiert, als daß sie in geologischer

Digitized by Google

Hinsicht von Bedeutung sein könnten, und es ist nur zu erwähnen, daß vom Tertiär an die mit weiten, endständigen Zellmündungen versehenen Cyklostomen, welche in ältern Formationen vorherrschen, nun endgültig zurücktreten und an ihrer Stelle die geologisch jüngern Chilostomen mit schmalen, seitlichen Mündungen dominieren. Die Brachiopoden spielen im Vergleiche zu den ältern Bildungen eine überaus geringfügige Rolle, und nur in einzelnen Ablagerungen sind sie etwas häufiger.

1. Aufgebrochenes Exemplar von Clypeaster aegyptiacus mit den Strebepfeilern im Innern. — 2. Tertiäre Muschel mit Mantelbucht (Venus).

Um so größer ist die Bedeutung der Weichtiere oder Mollusken, zu welchen weit über die Hälfte aller tertiären Tierarten gehört, welche bisher beschrieben worden sind. Die Cephalopoden oder Kopffüßler, die in so großer Fülle in den ältern Formationen auftreten, sind allerdings auf wenige, ziemlich unscheinbare Reste zusammengeschrumpft; aber Muscheln und Schnecken sind in um so größerer Zahl vorhanden, und zwar wiegen die letztern an Artenzahl sehr entschieden über die erstern vor, während in den alten Ablagerungen das Gegenteil der Fall war. Die Menge der Formen in beiden Abteilungen ist übrigens eine so große, ihre Mannigfaltigkeit eine so außerordentliche, daß es nicht möglich ist, auch nur die wichtigsten Gattungen hier einzeln zu schildern. Unter den Muscheln macht sich namentlich die steigende Zahl der mit einer Mantelbucht versehenen Gattungen und Arten bemerkbar (s. obenstehende Abbildung 2), während unter den Schnecken das Überhandnehmen derjenigen Formen charakteristisch ist, deren Mundöffnung unten in einen Kanal ausgezogen ist oder wenigstens einen kanalartigen Ausschnitt zeigt. Gerade unter ihnen finden wir die mannigfaltigsten und zierlichsten Konchylien (s. Abbildungen, S. 405), durch deren Häufigkeit die tertiären Meeresbildungen in hohem Grade ausgezeichnet sind. Zwar sind solche Kanalträger oder Siphonostomen schon in ältern Ablagerungen vorhanden und in der obern Kreide, namentlich in Kalifornien, bereits recht zahlreich, aber trotzdem sind sie hier bei weitem nicht in solcher Menge vorhanden als im Tertiär. Von Krustaceen ist das Vorkommen einer großen Anzahl von Krabben hervorzuheben, welche von vielen Punkten, am schönsten und zahlreichsten aus dem untern Tertiär der Umgebung von Vicenza, bekannt sind (s. die Abbildung von Cancer quadrilobatus, oben).

Cancer quadrilobatus von der Bauchseite; eine Krabbe aus dem ältern Tertiär der Umgebung von Vicenza. (Nach Bittner.)

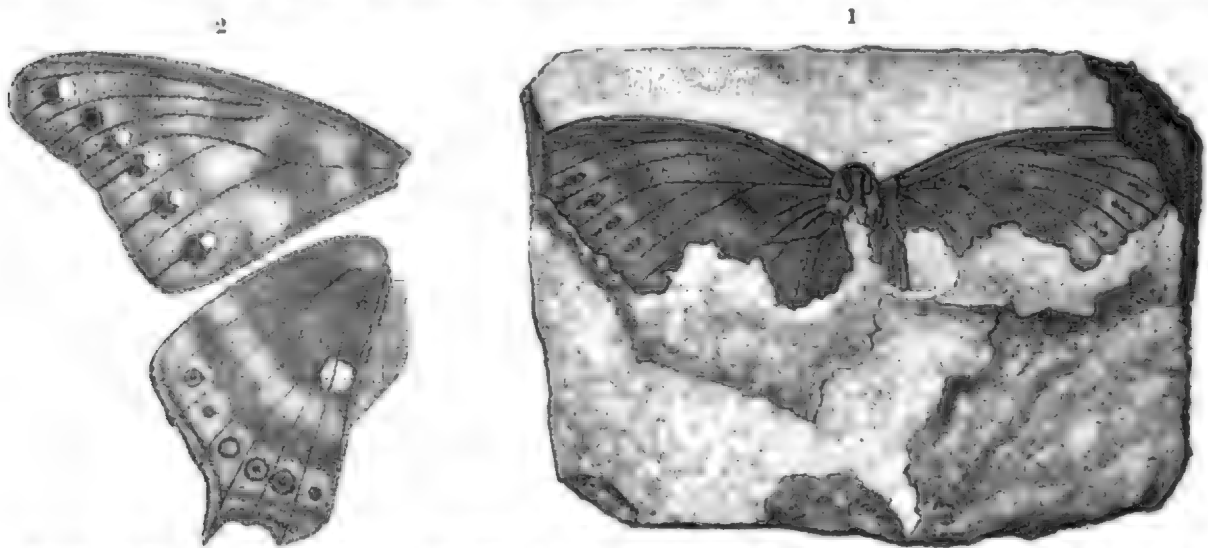
Wir sehen also, daß die Unterschiede der mesozoischen Zeit gegenüber, soweit sie auf Neubildung größerer Gruppen von wirbellosen Meerestieren beruhen, außerordentlich geringfügiger Natur sind, daß in dieser Hinsicht zwischen manchen andern benachbarten

Tertiäre Siphonostomen. 1. Fusus. — 2. Nassa. — 3. Murex. — 4. Voluta. — 5. Mitra. — 6. Cassis. — 7. Tritonium. — 8. Cypraea. — 9, 10. Pleurotoma. — 11. Conus. (Nach M. Hörnes.) Vgl. Text, S. 404.

Digitized by Google

Formationen erheblichere Abweichungen vorhanden sind als zwischen Kreide und Tertiär, und überdies fallen gerade die wichtigsten Momente, das Überhandnehmen der Nummuliten und der Clypeastriden, nicht genau mit der Grenze der letztern Formation zusammen.

Weit bedeutender erscheinen die Veränderungen bei den Binnenorganismen, bei den Bewohnern des Landes und des süßen Wassers; vor allem gilt das von dem massenhaften Erscheinen der Säugetiere, deren Reste in allen Teilen der Formation bald in größerer, bald in geringerer Menge vorkommen und den hervorragendsten Charakterzug des Tertiär der Kreideformation gegenüber bilden, welche bisher, abgesehen von Spuren in der Laramiegruppe Nordamerikas, noch keine Säugetiere geliefert hat. Allerdings kennen wir zahlreiche Reste von Säugern aus dem Jura, und sie müssen daher auch in der Zwischenzeit auf irgend einem damaligen Kontinente existiert haben. Das Umsichgreifen der Säugetiere im Tertiär ist daher zunächst einer Einwanderung in die Gebiete von Europa und Nord-

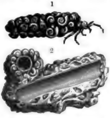


Tertiäre Schmetterlingsreste: 1. von Radoboj in Kroatien — 2. von Aix in der Provence. (Nach Scudder.)

amerika zuzuschreiben, hier aber verändern sie sich mit überraschender Schnelligkeit und liefern eine fast unübersehbare Menge neuer Formen, die wir später etwas näher ins Auge fassen müssen. Von geringerer Bedeutung sind die übrigen Wirbeltiere. Die Vögel, welche im allgemeinen zu den Seltenheiten gehören, haben fast alle die Zähne, mit welchen ihre Vorfahren in der Kreideformation ausgestattet waren, verloren und nähern sich schon sehr den lebenden Formen, und ebenso ist auch bei Reptilien, Amphibien und Fischen die Annäherung an die Jetztwelt eine sehr bedeutende.

Auch in andern Abteilungen der Land- und Süßwassertiere treten sehr große Verschiedenheiten gegen die Kreidezeit hervor, am meisten bei den Insekten und bei den Konchylien. Die erstern finden sich allerdings nicht sehr verbreitet, aber an einzelnen Fundstellen in außerordentlicher Menge. In erster Linie sind die zahllosen Formen zu nennen, welche im Bernsteine vorkommen, und deren in dem herrlichen Materiale eingeschlossene Körper die zartesten Einzelheiten erhalten zeigen. Aber auch andre Fundorte, so Öningen bei Konstanz in Baden, Radoboj in Kroatien, Aix in der Provence ꝛc., haben eine große Menge von Arten geliefert, so daß wir heute deren schon zwischen 2000 und 3000 kennen, und eine sehr große Anzahl weiterer ruht noch unbeschrieben in den Sammlungen. Alle die größern Abteilungen der Insekten, welche heute leben, kommen hier auch fossil vor, Käfer, Fliegen, Ameisen, Florfliegen, Wanzen finden sich in großer Menge, und selbst die zarten Flügel von Schmetterlingen haben sich, wenn auch nur sehr selten mit der Farbenzeichnung, erhalten (s. obenstehende Abbildung). Ja, so seltsam es scheinen

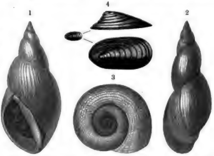
mag, in gewissen tertiären Ablagerungen treten die Insekten geradezu als Faktoren der Gesteinsbildung auf. Die Larven der Phryganiden oder Frühlingsfliegen (s. untenstehende Abbildung links), welche in unsern Gegenden noch jetzt sehr verbreitet sind, leben im Wasser und bewohnen hier längliche, cylindrische Röhren, die aus Steinchen, kleinen Schneckengehäusen &c. zusammengekittet sind; an mehreren Punkten hat man solche Phryganidenköcher oder Indusien fossil im Tertiär gefunden, und im Oligocän der Auvergne kommen sie in solchen Mengen aufgehäuft vor, daß sie 2—3 m mächtige Schichten von sogenanntem Indusienkalk für sich allein zusammensetzen. So auffallend aber auch die große Menge fossiler Insekten im Tertiär deren außerordentlicher Spärlichkeit in der Kreide gegenüber erscheinen mag, so sind wir doch durchaus nicht berechtigt, daraus zu folgern, daß die Entwickelung dieser Tierklasse in beiden Perioden eine wesentlich verschiedene gewesen sei. Ein Urteil darüber wird überhaupt erst möglich sein, wenn wir einmal einige reiche Insektenfundstellen aus der Kreideformation kennen, bis dahin ist jede Vermutung in dieser Richtung durchaus fruchtlos.



1. Lebende Phryganidenlarve in ihrem aus Schneckenschalen gebauten Köcher. — 2. Indusienkalk. aus dem jüngern Tertiär der Auvergne. (Nach Lyell.)

Tertiäre Cyklostomiden. 1. Cyclostoma bisulcatum mit dem Deckel, aus dem Miocän. — 2. Megalomastoma infranummuliticum, aus den Cosinaschichten. — 3. Strophastoma tricarinatum, aus dem Miocän. (Nach Sandberger.)

In ähnlicher Weise darf auch der viel größere Reichtum des Tertiär an Land- und Süßwasserkonchylien nur der geringen Zahl artenreicher Fundorte von derartigen Tieren zugeschrieben werden, welche aus der Kreidezeit bekannt sind. Im Tertiär dagegen ist die Zahl solcher Ablagerungen eine außerordentlich große, und sie haben schon weit über 1000 verschiedene Arten von Muscheln und Schnecken geliefert. Von Landbewohnern dominieren wie in der Jetztzeit die gewöhnlichen Lungenschnecken, darunter Helix, Bulimus, Clausilia &c., aber neben ihnen treten auch mancherlei Arten der deckeltragenden Cyklostomiden (s. obenstehende Abbildung rechts) auf; im süßen Wasser finden sich zahlreiche Muscheln aus den Gruppen der Teich- und Flußmuscheln (Unio und Anodonta), dann Cyrenen, Pisidien &c. sowie zahlreiche Schnecken, die teils zu den Lungenschnecken oder Pulmonaten (s. obenstehende Abbildung), teils zu den durch Kiemen atmenden Prosobranchiaten gehören. Unter den erstern finden wir zahlreiche Teichschnecken (Limnäen) nebst ihren Verwandten, den links gewundenen Physa-Arten, die namentlich im ältern Tertiär durch außerordentliche Größe ausgezeichnet sind, ferner die flachen Planorben und die kleinen, napfartigen Ancylus. Weit formenreicher und mannigfaltiger sind die Prosobranchiaten mit ihren überaus wechselnden und teilweise reichverzierten Gehäusen; die Melanien, die verwirrende Formenfülle



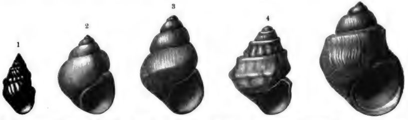
Tertiäre Süßwasserpulmonaten. 1. Physa gigantea, aus dem Eocän. — 2. Limnaeus longiscatus, aus dem Eocän. — 3. Planorbis cornu, aus dem Miocän. — 4. Ancylus illyricus, aus dem Miocän. (Nach Sandberger.)

Digitized by Google

der Melanopsiden (s. Abbildung, S. 529), die Sumpfschnecken oder Paludinen (s. die untenstehende Abbildung und S. 18) und eine Menge kleiner, zierlicher Gattungen bilden hier einen der interessantesten Teile der tertiären Molluskenfauna, die namentlich durch die große Variabilität der einzelnen Typen, durch die Möglichkeit, allmählich abändernde Formenreihen zu verfolgen, und durch die zoogeographischen Beziehungen der einzelnen Vorkommnisse von großer Wichtigkeit sind. In den ältern Tertiärbildungen kommen zahlreiche Formen vor, die heute in verschiedenen tropischen Ländern, in Indien, Afrika, Brasilien ꝛc., leben, während neben ihnen solche nur in geringerer Zahl auftreten, welche jetzt in Europa ihre nächsten Verwandten finden; die letztern mehren sich im jüngern Tertiär, und zu ihnen gesellen sich hier chinesische und nordamerikanische Typen in auffallender Menge.

Die Flora des untern Tertiär ist der Kreideflora nahe verwandt, und es tritt sogar eine Anzahl von Formen auf, bei welchen ein Unterschied zwischen den eocänen und kretacischen Exemplaren nicht zu finden ist; ihre Verhältnisse werden unten eingehender besprochen werden.

Wir können uns nun der Beantwortung der Fragen über das Verhältnis des Tertiär zu den ältern Formationen wie zur Jetztzeit zuwenden, welche wir am Anfange



1. Tylopoma avellana. — 2. Paludina Fuchsi. — 3. Paludina Herbichi. — 4. Paludina (Tulotoma) Sturi. — 5. Paludina (Campeloma) Pilari. Aus dem mittlern Pliocän Slawoniens und Siebenbürgens.

dieses Abschnittes gestellt haben. In der Verteilung von Wasser und Land finden wir einen sehr bedeutenden Rückzug des Meeres aus jetzigen Kontinentalgebieten, welcher annähernd mit der Grenze zwischen Kreide und Tertiär zusammenfällt. Der Zustand, der hierdurch erzeugt wird, nähert sich in manchen wichtigen Punkten dem heutigen, aber trotzdem sind in dem Vorhandensein eines von der atlantischen Küste bis in die Himalajaregion und bis nach Turan reichenden Meeresarmes, der mit dem Indischen Ozeane in Verbindung steht, in dem Vorhandensein einer Landverbindung zwischen Europa und Nordamerika, zwischen Nordamerika und Nordostasien, vermutlich auch zwischen Afrika und Südamerika und einer Reihe andrer Erscheinungen sehr bedeutende Abweichungen gegeben. Da überdies die wichtigsten Kettengebirge erst in spätern Phasen der Tertiärzeit ihre Hauptaufrichtung erfuhren, so kann man nicht behaupten, daß die Grundzüge der heutigen geographischen Gliederung und Entwickelung in der Eocänzeit schon gegeben waren. Ebensowenig findet eine gleichmäßige und stetige Annäherung an den jetzigen Zustand statt, sondern dieser wird auf mannigfachen Umwegen und unter verschiedenen Schwankungen erreicht.

Von einem allgemeinern Standpunkte aus läßt sich das Verhältnis in folgender Weise auffassen: In der Erdgeschichte kann man eine geringe Anzahl lange dauernder Perioden unterscheiden, deren jede durch das Vorwiegen eines bestimmten Charakters in der Verteilung von Wasser und Land und im Zusammenhange damit für große Areale oft auch in der Natur der Sedimente ausgezeichnet ist. Innerhalb eines jeden dieser großen Bildungscyklen finden allerdings großartige Schwankungen nach den verschiedensten Richtungen

Digitized by Google

statt, welche stellenweise eine bedeutende Abweichung von dem Grundtypus hervorbringen, aber doch nicht erheblich genug sind, um nicht als Episoden erkannt zu werden, wie das z. B. bezüglich des deutschen Muschelkalkes, des Zechsteines, der Wealdenbildungen der Fall ist. Unsre Kenntnisse sind noch nicht weit genug vorgeschritten, um eine Charakteristik dieser großen Perioden für die ganze Erdoberfläche zu geben, wir müssen uns auf die bestbekannten Regionen, zunächst auf Europa und Nordamerika, beschränken, wobei sich die Unterschiede im alpinen Gebiete weniger deutlich ausdrücken als in dem nördlich gelegenen Areale. Kambrische und silurische Formation können wir als eine Phase mariner Entwickelung zusammenfassen; im Devon stellt sich in Nordeuropa eine erste Periode der Ablagerung roter Sandsteine dar; vermittelt durch Übergänge, tritt dann in der Kohlenformation die Bildung der Kohlenflöze samt den begleitenden Erscheinungen ein, welche auf reiche Sumpfvegetation schließen lassen. Dann folgt in Perm und Trias für Nord- und Mitteleuropa und einen großen Teil von Nordamerika eine zweite Periode der roten Sandsteine und bunten Thone, welche mit einer Einschwemmung von Laterit (s. Bd. I, S. 406) in Binnenseen in Zusammenhang gebracht worden sind. Jura und Kreide sind durch Ausbreitung des Meeres namentlich in der nördlich gemäßigten Zone und durch das Vorhandensein eines zentralen Mittelmeeres (s. die Karte, S. 336) charakterisiert, welches vom Pazifischen Ozeane aus der zentralamerikanischen Region nach Osten über Europa und Westasien bis nach Indien reicht. Dieser vierte Bildungscyklus schließt mit der Kreidezeit, und ein neuer, in dessen Mitte wir uns heute befinden, beginnt mit dem Tertiär; wir können als seine wesentlichsten Charaktere nennen: eine zunehmende Anhäufung von Landmassen in der nördlich gemäßigten Zone, allmählichen Abschluß des zentralen Mittelmeeres und die Herausbildung des jüngsten unter den großen Meeresbecken, des Atlantischen Ozeanes.

Welches die Ursachen dieses Festhaltens an einem bestimmten Grundzuge während langer Zeit und des dann folgenden Umschlages sind, vermögen wir nicht entfernt zu ahnen, sowenig wir die Gründe der oft außerordentlich großen Schwankungen in dieser Beziehung angeben können. Aber jedenfalls können wir sagen, daß Tertiär und Jetztzeit in diesem Sinne zusammengehören. Während dies aber von der Verteilung von Wasser und Land gilt, läßt sich eine ähnliche Behauptung für die klimatischen Verhältnisse nicht aufstellen; die Temperatur war zur Zeit der obern Kreide der jetzt herrschenden wahrscheinlich ähnlicher als diejenige des mittlern und obern Eocän; ebensowenig stellt das Vorhandensein klimatischer Zonen eine erst im Tertiär auftretende Eigentümlichkeit dar, wie das früher dargelegt wurde, und endlich ist der Übergang vom Klima des Eocän zu dem heutigen durchaus kein stetiger und gleichmäßiger. In der organischen Welt finden wir bei den Säugetieren ein Verhältnis, welches das Tertiär als eine durchaus neue Ära erscheinen läßt, in der die ganze Entwickelung direkt den heutigen Verhältnissen zustrebt. Bei allen andern Abteilungen ist ein ähnlicher Vorgang sehr viel weniger deutlich, ja bei den wirbellosen Tieren des Meeres wird die große Ähnlichkeit mit der Jetztzeit nicht sowohl durch das Auftreten neuer als durch das Aussterben alter Typen hervorgebracht, und in der gewaltigen Ausbreitung der Nummuliten finden wir eine bedeutende Abweichung von der geraden Linie. Es ist also auch bei den meisten Organismen keine so intensive Annäherung an die jetzige Entwickelung vorhanden, daß wir dieselbe als eine Ausnahme von den sonst geltenden Regeln der Biologie betrachten müssen. In den langlebigen Formenreihen, welche bis heute ausdauern, finden wir ja von den ältesten Zeiten an eine stete Annäherung an die jetzige Schöpfung, die aus den Nachkommen jener uralten Typen besteht, und dieselben Veränderungen haben auch während des Tertiär stattgefunden; aber es ist in den Thatsachen nicht der mindeste Grund für die Annahme vorhanden, daß, abgesehen von den Säugetieren und vielleicht von den Vögeln, eine intensivere Veränderung stattgefunden habe als zu andern Zeiten.

Die Gründe für die raschere und tiefer greifende Umgestaltung der Säugetiere sind sehr einfacher Art. Zunächst wird durch die Eröffnung gewaltiger, bisher nicht vorhandener oder nicht von Säugetieren bewohnter Ländergebiete, wie sie zu Beginn des Tertiär stattfand, eine solche Menge neuer Lebensbedingungen geboten, daß schon darin ein mächtiger Anstoß zur Abänderung gegeben ist. Noch wichtiger ist jedoch eine andre Ursache, welche eine sehr intensive Umgestaltung und ein rasches Fortschreiten von niedriger Organisation zu höherer bedingt. Wenn wir die Tierwelt irgend eines bestimmten Zeitabschnittes, einer einzelnen Formation, betrachten, so finden wir ausnahmslos, daß einige Typen fortwährend eine Menge neuer, weit voneinander abweichender und in der Regel, soweit wir es beurteilen können, höher organisierter, vollkommnerer Familien und Gattungen hervorbringen, während in andern Abteilungen wohl neue Arten, auch einzelne neue Gattungen auftreten, im ganzen aber eine wenig tief greifende Abänderung stattfindet und speziell keinerlei Fortschritt bemerkbar ist; wir können fortschreitende und stillstehende (stagnierende) Tiergruppen unterscheiden. Betrachten wir nun die einzelnen Arten innerhalb dieser beiden Kategorien etwas näher, so finden wir sehr bald, daß die rasch fortschreitende Umgestaltung auf der einen, das verhältnismäßig starre Festhalten auf der andern Seite durchaus nicht von dem Vorkommen oder Fehlen starker individueller Veränderlichkeit abhängig sind. Diese ist bekanntlich die erste Grundbedingung für die Möglichkeit des Stattfindens dauernder Umgestaltung, und man könnte daher geneigt sein, bei den stagnierenden Typen einen Mangel in dieser Richtung anzunehmen. Allein eine solche Voraussetzung ist durchaus irrig; wir kennen gerade unter den unbeweglichsten Formen, die sich durch überaus lange Zeiträume fast gleich geblieben sind, Beispiele von ganz exzessiver Veränderlichkeit, zu denen namentlich manche Brachiopoden gehören. Wenn demnach in der Regel wenigstens der Mangel an Variabilität nicht als die Ursache des Stagnierens angesehen werden kann, so müssen wir annehmen, daß die auftretenden individuellen Verschiedenheiten hier nicht gehäuft werden, daß in erster Linie jener Faktor hier nicht thätig ist, welcher in dieser Beziehung vor allem wichtig ist, nämlich die natürliche Zuchtwahl im Kampfe ums Dasein. Mit andern Worten, wir werden zu der Annahme geführt, daß die stagnierenden Typen vorwiegend diejenigen sind, welche ihrer Lebensweise so speziell angepaßt sind, daß eine starke Abänderung, namentlich eine höhere Organisation, ihnen nicht von Nutzen ist[1].

Wenn wir nun überlegen, unter welchen Verhältnissen starke Abänderung vor allem von Nutzen sein wird, so können wir uns verschiedene Fälle denken. Wandert z. B. ein Tiertypus in eine Gegend ein, in welcher er von andern Formen keine schwere Konkurrenz findet, in welcher es ihm also leicht wird, sich auszubreiten, dann wird in hervorragendem Maße ein starkes Divergieren, eine Abänderung nach vielen verschiedenen Seiten, zu erwarten sein, um die Besetzung möglichst verschiedener Plätze im Haushalte der Natur zu ermöglichen. Abgesehen von derartigen speziellen Fällen, werden wir eine besonders intensive Abänderung in der Richtung nach höherer Organisation immer bei den jeweils höchst organisierten Formen zu erwarten haben. Hohe Organisation ist ja an sich kein Vorteil im Kampfe ums Dasein, sie wird unter gewissen Umständen nicht den geringsten Nutzen, ja sogar Schaden bringen. Im allgemeinen ist nach dem bekannten Grundsatze Darwins ein Organismus unter sonst gleichen Verhältnissen im Kampfe ums Dasein um so mehr begünstigt, je mehr er von andern abweichend gebaut ist; unter den jeweils höchst organisierten Wesen wird also nach diesem Prinzipe der Divergenz der Charaktere vor allem jede Abänderung

[1] Daraus geht auch die vollständige Irrtümlichkeit der Ansicht hervor, daß stagnierende Typen aussterben; diese Meinung muß für jeden unverständlich bleiben, der die paläontologische Entwickelung kennt und weiß, daß eine Menge von Gattungen vom Silur bis heute sich fast ohne Änderung erhalten haben (Lingula, Discina, Crania, Waldheimia, Rhynchonella, Leda, Nucula, Arca, Avicula, Natica, Turbo, Dentalium 2c.).

nützlich sein und erhalten werden, welche eine noch weitere Vervollkommnung, einen noch höhern Fortschritt der Organisation mit sich bringt. Rasche mit Vervollkommnung verbundene Abänderung werden wir demnach in erster Linie bei den jeweils höchst stehenden Formen zu erwarten haben.

Ein Blick auf die Geschichte der Tierwelt zeigt uns auch in der That, daß sich die Dinge von jeher so verhalten haben. So sehen wir in den kambrischen und untersilurischen Schichten eine auffallend rasche Entwickelung der Trilobiten, im Obersilur ist dies bei den Cephalopoden der Fall, im Devon bei den Fischen, in der Kohlen- und Permformation bei den Amphibien, in der mesozoischen Zeit bei den Reptilien, im Tertiär bei den Säugetieren, und wir können daher auch in diesem letztern Falle die eben geschilderten Verhältnisse, verbunden mit dem Umstande, daß weite, wenig Konkurrenz durch andre Tiertypen bietende Landstriche der Kolonisation durch Säugetiere eröffnet wurden, als die Ursache für die außerordentlich rasche Umgestaltung der letztern betrachten. Natürlich dürfen wir nicht dieses vereinzelte Beispiel als maßgebend ansehen, wenn wir im allgemeinen den Betrag der Veränderung in der Organismenwelt während der Tertiärzeit ermessen und denselben mit demjenigen in andern Formationen vergleichen wollen; in dieser Richtung müssen wir hier wie überall die wirbellosen Meerestiere und unter ihnen zunächst die Mollusken ins Auge fassen. Bei diesen finden wir zwischen dem ältesten Tertiär und der Jetztzeit allerdings insofern einen ziemlich großen Unterschied, als kaum eine Art sich durch die ganze Dauer der Formation unverändert erhalten hat, und die Beispiele, welche man früher für das Vorkommen noch jetzt lebender Formen im Eocän angeführt hat, werden jetzt in der Regel nicht anerkannt, und deren richtige Bestimmung wird bestritten. Überhaupt ist im ganzen untern Tertiär die Zahl der noch jetzt lebenden Formen eine geringe, in der obern Hälfte dagegen wird dieselbe eine sehr bedeutende und nimmt von unten nach oben im allgemeinen ziemlich stetig zu.

Eine Zonengliederung, wie im Jura, konnte im Tertiär noch nicht durchgeführt werden, aber immerhin wird ein Vergleich mit dem Jura den besten Anhaltspunkt zur Beurteilung des chronologischen Wertes unsrer Formation geben. Im Jura wechselt die Ammonitenfauna oftmals vollständig, da aber diese Abteilung sich sehr rasch zu verändern scheint, so können wir sie nicht zum Vergleiche herbeiziehen, wir müssen uns an die Muscheln und Schnecken halten, welchen fast die ganze Molluskenfauna des Tertiär angehört. Im obern Jura haben die höchsten Schichten, z. B. die Kalke von Stramberg, nicht eine Art mit den tiefsten Ablagerungen der Oxfordstufe gemein; wenige Formen erstrecken sich durch den größern Teil des Abschnittes von Beginn der Oxfordstufe bis zum Ende des Jura, sehr viele durchleben etwa die Hälfte derselben; wir finden also hier ganz ähnliche Verhältnisse wie im Tertiär, und wir können also dieses mit Einschluß des Diluvium und der Jetztzeit nach dem Grade der Veränderung der Fauna, dem einzigen Kriterium, das wir haben, als dem obern Jura (ohne die Kellowaystufe) annähernd gleichwertig betrachten.

Es ist das ein Ergebnis von großer Bedeutung; denn die Dauer der Tertiärzeit ist vielfach sehr überschätzt worden, ja ein ausgezeichneter Geolog hat die Ansicht ausgesprochen, daß dieselbe etwa ein Viertel des ganzen Zeitraumes einnehme, welcher seit Beginn der ältesten fossilführenden Ablagerungen, der kambrischen Formation, verflossen ist. Eine solche Auffassung ist durchaus unrichtig, wir sehen, daß das Tertiär eine Zeitspanne umfaßt, die zwar, nach unserm Maßstabe gemessen, ungeheuer lang ist und wahrscheinlich Millionen von Jahren umfaßt, aber im Vergleiche mit den meisten andern Formationen als eine verhältnismäßig kurze bezeichnet werden muß.

Die Verhältniszahl der ausgestorbenen zu den jetzt noch lebenden Konchylienarten in den verschiedenen Horizonten hat auch die Anhaltspunkte für die erste allgemeine Gliederung

der Tertiärformation gegeben. Lange Zeit hindurch war den Ablagerungen derselben wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden; sie spielen in den Gegenden, von welchen das Wernersche System ausging, keine nennenswerte Rolle und sind daher in diesem auch nicht berücksichtigt; ebenso haben dieselben in dem Verzeichnisse der geschichteten Ablagerungen Englands von William Smith keinen Platz gefunden. Die losen Sande und plastischen Thone, aus denen in manchen Gebieten die Tertiärbildungen zum großen Teile bestehen, schienen anfangs nur eine ganz bedeutungslose äußere Decke, welche die ältern Gesteine, das eigentliche feste Gerüst der Erde, verhüllt, und fanden darum keine Beachtung, sie werden zum „Aufgeschwemmten und Angeschwemmten“ gerechnet. Erst durch die Untersuchungen von Brongniart in der Gegend von Paris wurde ein wahrhaft wissenschaftliches Studium dieser jüngern Schichten angebahnt; Lamarck und später Deshayes beschrieben die Tertiärkonchylien des Pariser Beckens, während das Studium der hier vorkommenden Säugetierreste durch Cuvier zum Ausgangspunkte für die ganze Entwickelung der wissenschaftlichen Paläontologie wurde. Bald wurden auch die Tertiärkonchylien andrer Gegenden in Betracht gezogen, England, die Umgebung von Tours und Bordeaux lieferten ihre Fossilien, vor allem aber wurde die Bearbeitung der jungtertiären Vorkommnisse aus Oberitalien, von Asti, Castel Arquato und andern Punkten, durch Brocchi von Bedeutung. Man lernte dadurch eine große Menge verschiedener Formen kennen, man sah, daß die Faunen einzelner Punkte nahe miteinander übereinstimmen, die andrer sehr weit voneinander verschieden sind. Aber es war vorläufig nicht möglich, die Aufeinanderfolge der offenbar teilweise ungleich alten Ablagerungen festzustellen, da kein Punkt bekannt war, in welchem eine den größern Teil der Formation umfassende Reihe Tertiärablagerungen von sehr verschiedenem Charakter übereinander lag.

Eine Gliederung des Tertiär in einzelne, der Zeit nach aufeinander folgende Stufen war demnach auf direktem, rein geologischem Wege durch Beobachtung der Lagerung vorläufig nicht möglich; man erreichte jedoch dieses Ziel durch eine andre, indirekte Methode, durch den Vergleich der Konchylien. Wenn man heute die damaligen Untersuchungen betrachtet, so findet man den Gedankengang so selbstverständlich, es scheint kaum der Erwähnung wert, daß hier der richtige Weg eingeschlagen wurde, und man ist eher geneigt, sich über gewisse Unvollkommenheiten und Unbeholfenheiten in der Ausführung zu wundern. Versetzt man sich aber in den damaligen Zustand der Wissenschaft, in die Zeit der Katastrophentheorie, zurück, bedenkt man, wie viele tief eingewurzelte Vorurteile zu überwinden waren, so wird man die Anerkennung nicht versagen können, daß hier ein sehr bedeutender Schritt nach vorwärts gethan wurde.

Die paläontologische Untersuchung ergab, daß in manchen Tertiärablagerungen eine größere, in andern eine kleinere Zahl von Arten auftritt, welche jetzt lebenden Formen nahestehen, und schon Brocchi fand, daß in manchen Fällen eine Unterscheidung lebender und tertiärer Arten überhaupt nicht möglich sei. Auch Deshayes in Frankreich und Bronn in Deutschland kamen später zu demselben Ergebnisse, es war Thatsache, daß eine absolut scharfe Trennung zwischen Tertiär und Jetztzeit nicht vorhanden sei. Dieses Resultat stand nun aber im entschiedensten Gegensatze zu der damals herrschenden Ansicht, daß jede geologische Formation von der andern durch eine große Erdumwälzung geschieden sei, welche die gesamte Organismenwelt vertilgte und eine Neuschöpfung nötig machte, und in der That erhob sich auch bald der entschiedenste Widerspruch. Andre Paläontologen kamen zu dem entgegengesetzten Ergebnisse, und sie stellten mit vollster Entschiedenheit die Behauptung auf, daß nicht eine einzige der jetzt lebenden Arten auch im Tertiär vorkomme; in sehr vielen Fällen gelang es ihnen, nachzuweisen, daß nicht wirkliche Übereinstimmung, sondern nur große Ähnlichkeit herrsche. Natürlich war das auch den Vertretern eines Zusammenhanges

nicht entgangen, und sie machten nun darauf aufmerksam, daß diese Unterschiede zwar existieren, daß aber Zwischenformen vorhanden sind, welche die ohnehin nur unbedeutend verschiedenen Extreme miteinander verbinden, daß man es also nur mit verschiedenen Varietäten einer und derselben Art zu thun habe.

Es hat natürlich für uns kein Interesse, den Einzelheiten dieser Erörterungen zu folgen; wir können heute das Ergebnis dahin zusammenfassen, daß in vielen Fällen wirkliche Übereinstimmung zwischen tertiären und lebenden Arten herrscht, daß man es aber bei zahlreichen andern Vorkommnissen mit den deutlich voneinander verschiedenen Gliedern abändernder Formenreihen zu thun hat.

Dabei zeigte es sich aber bald sehr deutlich, daß die Verteilung der mit jetzt lebenden Arten nahe vergleichbaren Typen an verschiedenen Punkten eine sehr ungleiche ist. In den Ablagerungen des Pariser und Londoner Beckens waren sie in sehr geringer Menge, in namhaft größerer Zahl in der Touraine und bei Bordeaux, am häufigsten aber in Oberitalien bei Asti und an den andern Fundorten der Subapenninbildungen sowie in den als Crag bezeichneten Schichten in England. Deshayes hatte Verzeichnisse zusammengestellt, in welchen diese Unterschiede klar hervortraten, und schrieb die Abweichungen dem verschiedenen geologischen Alter zu, indem er diejenigen Ablagerungen, bei welchen die wenigsten jetzt lebenden Arten vorkommen, als die ältesten erklärte und die übrigen nach dem zunehmenden Prozentsatze dieser rezenten Typen aneinander reihte. Er wurde dabei wesentlich durch die Anregung von Lyell gefördert, und dieser schlug eine Einteilung des Tertiär vor, welche in ihren einzelnen Abteilungen wie deren Namen auf das Vorkommen der noch jetzt lebenden Arten gegründet ist. Es wurde auf diese Art unterschieden:

3) Pliocän[1], mit etwa 52 Prozent noch lebender Arten (Crag in England, Subapenninbildungen in Italien).

2) Miocän, mit etwa 19 Prozent lebender Arten (Faluns[2] der Touraine und von Bordeaux).

1) Eocän, mit etwa 3 Prozent lebender Arten (Hauptmasse der Ablagerungen des Londoner und Pariser Beckens).

In den großen Hauptzügen erwies sich diese Art der Einteilung als richtig, spätere Untersuchungen konnten unmittelbar nachweisen, daß die Reihenfolge der Ablagerungen so sei, wie Lyells Schema sie angibt; aber allerdings kleben diesem, wie jedem ersten Versuche, manche Unvollkommenheiten an. In erster Linie erwies es sich als ein Mangel, daß für weit ausgebreitete und wichtige Ablagerungen, die im Alter zwischen Eocän und Miocän stehen, kein Raum in diesem Systeme vorhanden ist. Für diese Bildungen wurde später von Beyrich der Name Oligocän eingeführt, so daß sich jetzt das Tertiär in folgender Weise gliedert:

B. Oberes Tertiär (Neogen). 2) Pliocän. 1) Miocän.

A. Unteres Tertiär (Paläogen). 2) Oligocän. 1) Eocän.

Wie in der Ausführung im einzelnen, so zeigte es sich auch, daß das Prinzip von Lyell und Deshayes, wenn auch im Grundgedanken richtig, doch im einzelnen große Schwächen zeigt. Richtig ist die Idee, daß die einzelnen Horizonte, je mehr sie sich chronologisch der Jetztzeit nähern, auch in der Fauna sich der heutigen Entwickelung um so mehr anschließen müssen. Allein in erster Linie wäre dies doch nur zutreffend, wenn wir die ganze Marinfauna kennen würden, die jeweilig gelebt hat; da wir aber immer nur die Reste

[1] Eocän, vom griechischen ἕως (eos), die Morgenröte, und καινος (kainos), neu. Miocän, von μείων (meion), weniger. Pliocän, von πλείων (pleion), mehr. Oligocän, von ὀλίγος (oligos), wenig.

[2] Faluns heißen in Frankreich gewisse wenig ausgedehnte Ablagerungen von fossilreichem Sande.

einzelner Lokalitäten miteinander vergleichen können, so stehen wir immer in Gefahr, durch örtliche Eigentümlichkeiten irre geleitet zu werden. Es kann sich z. B. in einem Binnenmeere eine selbständige Bevölkerung entwickeln, dieses Binnenmeer wird später trocken gelegt, und alle ihm eigentümlichen Formen sterben infolgedessen aus; die Ablagerungen aus demselben sollten demnach dem ältesten Eocän zugerechnet werden, sind aber vielleicht in Wirklichkeit viel jünger. Dieser Fall liegt uns in der That vor; zur Zeit des obersten Miocän entwickelte sich in Osteuropa und Westasien ein marines Binnenbecken, das sich von Wien bis an den Aralsee und vielleicht noch weiter nach Osten erstreckte. Die Ablagerungen dieses Meeres enthalten an vielen Orten in ungeheurer Individuenmenge eine ziemlich artenarme Fauna, die ganz von ausgestorbenen Formen zusammengesetzt wird, während die gleichzeitigen Bildungen des offenen Meeres sehr zahlreiche noch lebende Arten zeigen.

Überdies ist die Prozentzahl der noch lebenden Arten eine Größe, deren sichere Feststellung kaum möglich ist. Ganz abgesehen davon, daß jeder neue Fund das Verhältnis verschieben kann, und daß z. B. eine Strandbildung sich anders verhält als eine gleichzeitige Ablagerung aus tiefer See, ganz abgesehen von diesen und ähnlichen Schwierigkeiten, liegt ein unüberwindliches Hindernis darin, daß verschiedene Paläontologen bei der Bestimmung stets zu verschiedenen Resultaten gelangen und sich bezüglich mancher Vorkommnisse kaum je vollständig darüber werden einigen können, welche Arten hinlänglich mit den jetzt lebenden übereinstimmen, um mit denselben genau identifiziert werden zu können. So kommt es, daß die ursprünglich von Lyell angegebenen Zahlen nicht mehr aufrecht erhalten werden können; für das Miocän müßte man heute nicht 19 Prozent, sondern 10—40 Prozent, für das Pliocän, statt 52 Prozent, etwa 40—90 Prozent noch jetzt lebender Arten annehmen. Solche Schwierigkeiten werden uns aber selbstverständlich nicht veranlassen, die sehr naturgemäße Einteilung in Pliocän, Miocän ꝛc. aufzugeben, sondern wir werden dieselbe nur gewissen als notwendig erscheinenden Änderungen unterziehen.

An Stelle dieser Gliederung wurde allerdings die Einführung einer Klassifikation in zwölf Stufen versucht, welche nach verschiedenen Lokalitäten benannt wurden, z. B. Parisien, Tortonien, Astien ꝛc. Wir werden diesem Beispiele nicht folgen, da diese neuen Namen weder historisch begründet sind, noch sich dem Gedächtnisse leicht einprägen und manche der vorgeschlagenen Gruppen den natürlichen Verhältnissen wenig entsprechen.

Die vier Stufen: Eocän, Oligocän, Miocän und Pliocän werden wieder in eine geringe Anzahl Unterabteilungen gebracht, welche wenigstens innerhalb Europas weithin verfolgt werden können, während örtlich noch eine bedeutende Anzahl kleinerer Horizonte und verschiedener Faciesgebilde unterschieden werden. Es wird im Tertiär sehr viel schwieriger, eine allgemein anwendbare Gliederung durchzuführen, als das in den frühern Formationen der Fall war. Der Grund dafür liegt vermutlich darin, daß wir hier fast gar keine Ablagerungen aus tiefem küstenfernen Wasser kennen, deren Fauna von Schwankungen der Faciesentwickelung wenig beeinflußt wird und durch große geographische Verbreitung ihrer Arten ausgezeichnet zu sein pflegt. Statt dessen finden wir massenhafte Bildungen des seichten Wassers, die oft auf kurze Strecken ihren Charakter ändern, deren Tierformen geringe geographische Verbreitung besitzen, und dazu gesellen sich zahlreiche Ablagerungen aus brackischem und süßem Wasser, welche in noch weit höherm Maße lokalen Charakter tragen. So geht uns die Möglichkeit eines allgemeinen, zusammenfassenden Überblickes verloren, die Gesamtgeschichte löst sich in eine Anzahl von Lokalentwickelungen auf, aus denen oft nur schwer das Gemeinsame herausgefunden werden kann. Wir werden nur einzelne solcher Beispiele näher in Betracht ziehen und namentlich bei denjenigen Gegenständen verweilen, welche für die Herausbildung der heutigen Verhältnisse aus den frühern von Bedeutung sind. Namentlich die Entstehung der heutigen Umrisse von Europa und, soweit wie möglich,

auch der andern Festländer, die geographische Verbreitung der Tier- und Pflanzenwelt und die Abstammung und Verwandtschaftsverhältnisse unsrer Säugetiere sind derartige Punkte von allgemeinerm Interesse, welche unsre Aufmerksamkeit fesseln müssen.

Gesteine der Tertiärformation.

In den Gegenden, in welchen das Studium der Tertiärbildungen zuerst begonnen hat, überhaupt in ganz Mitteleuropa, sind die herrschenden Gesteine durch geringen Zusammenhalt ausgezeichnet; plastische Thone, lose Sande, lockere, sandige Kalke treten am verbreitetsten auf, und nur manche Süßwasserkalke, sehr zähe Quarzite, die ebenfalls in süßem Wasser gebildet sind, endlich die wesentlich aus Kalkalgen bestehenden Leithakalke des Wiener Beckens und einiger andrer Gegenden stellen ausnahmsweise sehr kompakte Felsarten dar. Um so mehr waren die Geologen überrascht, als sie in jenen Gebieten, in welchen die Tertiärschichten an der Gebirgsbildung mit teilnehmen, wo sie gepreßt, gefaltet und aufgerichtet sind, einen ganz andern Charakter fanden. Es gilt das namentlich von den ältern Tertiärbildungen, da die jüngern von den großen Störungen bei Bildung der Alpen, der Karpathen, der Apenninen nicht oder verhältnismäßig nur wenig betroffen worden sind. In den eocänen und oligocänen Ablagerungen der alpin gebauten Gebirge treten uns die schon früher besprochenen mächtigen und dichten Nummulitenkalke entgegen, die von den Gesteinen der Kreide oder Trias, abgesehen von der Fossilführung, nicht zu unterscheiden sind. Dazu gesellen sich Thonschiefer, welche ihrem Aussehen nach ebensogut dem Silur wie einer so jungen Formation angehören könnten, und in der That sind die Dachschiefer von Glarus in der Schweiz lange Zeit für sehr alt gehalten worden, bis die Untersuchung ihrer merkwürdigen Fischreste zeigte, daß sie zum Eocän gehören. Ähnlich verhält es sich mit den sogenannten Flysch- und Karpathensandsteinbildungen, jenen die Alpen und Karpathen umsäumenden Sandstein-, Mergel- und Schieferthonmassen, die teilweise der Kreideformation, teilweise dem ältern Tertiär angehören und analog auch in andern Gegenden, in Italien, auf der Balkanhalbinsel &c., wiederkehren. Auch sie wurden anfangs nach dem Gesteinscharakter für Grauwackenbildungen, für silurische oder devonische Bildungen gehalten, bis genauere Untersuchungen ihr jugendliches Alter erkennen ließen. Allerdings ist das Vorkommen solcher fester Gesteine nicht ganz auf die gefalteten Regionen beschränkt, und wie im jüngern Tertiär die Leithakalke, so treten im Eocän auch dichte Nummulitenkalke in horizontaler Lagerung auf, wie das z. B. im Gebiete der Sahara der Fall ist.

Eigentümlich werden die Tertiärbildungen in vielen Gegenden durch die großen Massen trachytischer und basaltischer Eruptivgesteine charakterisiert, welche bald als Gänge, bald als Denudationsreste der eigentlichen Ausbruchsstellen, bald als Überreste von Strömen und weit ausgebreiteten Decken auftreten, während vulkanische Asche und Zerreibsel, die ins Meer oder in Süßwasserseen gelangten, das Material zur Bildung von Tuffen abgaben. In Europa sind namentlich viele wichtige Vorkommnisse dieser Art vorhanden; auf Island, den Färöerinseln und im nördlichen Schottland treten ausgedehnte Basalte auf, welche von manchen als die Überreste einer gewaltigen, ausgebreiteten Masse betrachtet werden; andre bedeutende Eruptivpunkte befinden sich im mittlern Schottland und auf den Hebriden. In Deutschland ist, abgesehen von kleinern Partien, namentlich eine bedeutende Anzahl wichtiger Vorkommnisse auf einer Zone verbreitet, die sich von der Eifel und dem Hunsrück quer durch Mitteldeutschland nach Böhmen zieht. Eine sehr bedeutende Rolle spielen Trachyte in den Karpathen und im ungarischen Mittelgebirge, ferner im Balkan, während im südlichen Europa die Euganeen und die Berici in Oberitalien, ferner die Trachyte der griechischen

Inseln von großer Bedeutung sind. Aber auch außerhalb Europas, in Kleinasien, im Kaukasus, in Armenien, auf den Inseln an der Ostküste von Afrika, im westlichen Nordamerika, in Polynesien und in einer Reihe andrer Gegenden, spielen tertiäre Eruptivgesteine eine sehr bedeutende Rolle.

Von nutzbaren Mineralien der Tertiärformation ragen namentlich drei durch ihr verbreitetes Vorkommen und ihre Wichtigkeit hervor, nämlich Kohle, Petroleum und Salz. Die Kohlen der Tertiärzeit können sich zwar in ihrem Werte nicht mit jenen der alten Kohlenformation messen, es fehlt in der Regel namentlich eine Eigenschaft, welche für den Hochofenbetrieb, für das Ausschmelzen des Eisens aus seinen Erzen, unerläßlich ist; sie koken nämlich nicht, d. h., wenn man sie bei Abschluß von Luft erhitzt, so entwickelt sich zwar Leuchtgas, aber der Rückstand bäckt oder sintert nicht zu einer klingenden, metallisch glänzenden, lockern Masse, den sogenannten Koks, zusammen. Für andre Zwecke eignen sich die tertiären Kohlen sehr gut, manche unter ihnen sind z. B. zur Heizung der Wohnungen sehr angenehm zu verwenden. Im allgemeinen finden unter denselben außerordentlich große Unterschiede statt, die einen sind braun und so wenig verändert, daß die Holzstruktur noch deutlich an ihnen zu erkennen ist (Lignit), andre, als entgegengesetztes Extrem, zeigen intensiv schwarze Farbe und Fettglanz; sie erinnern in ihrem Aussehen an Steinkohlen, während die gewöhnlichen Braunkohlen wenig glänzend oder matt sind und schwarzbraune bis pechschwarze Farbe zeigen. Von großer Bedeutung sind die Salzlager, welche namentlich in den Karpathen in großer Zahl und Bedeutung auftreten; die mächtigen Salzlager von Wieliczka, Bochnia und Kalusz in Galizien, von verschiedenen Punkten in Siebenbürgen und Rumänien gehören hierher, und von andern Gegenden sind namentlich Spanien, Sizilien, Kleinasien und Armenien durch ihre tertiären Salzvorkommnisse ausgezeichnet. Petroleum tritt reichlich in Rumänien auf, vor allem aber sind die überaus großen Petroleumvorkommnisse von Baku am Kaspischen Meere hierher zu rechnen, welche sich an scheinbar unerschöpflicher Reichhaltigkeit mit denjenigen Nordamerikas messen können.

Von verschiedenen andern Mineralien sind noch Gips, Schwefel und Eisen zu nennen, außerordentlich groß ist endlich die Menge der für Bauzwecke verwendbaren Materialien. Tertiäre Thone werden an zahllosen Punkten zu Ziegeln verarbeitet, Zementmergel kommen vielfach vor, und manche Kalke liefern ausgezeichnetes Quadermaterial. Für Wien ist der miocäne Leithakalk, ein großenteils aus Anhäufungen von Kalkalgen aus der Gattung Lithothamnium zusammengesetztes Gestein, der allgemein benutzte Baustein, während für die Bauten von Paris der eocäne Grobkalk die Hausteine liefert. Namentlich gewisse Lagen dieses letztern, die sogenannten Miliolideenkalke, sind von Interesse; sie sind ganz aus den winzigen Schalen von Foraminiferen aus der Abteilung der Miliolideen zusammengesetzt und liefern ein treffliches Material, das, frisch aus dem Bruche genommen, noch weich ist, sich sägen und mit größter Leichtigkeit zu Ornamenten verarbeiten läßt, dann aber an der Luft erhärtet. Für die ältesten Riesenbauten der Menschheit, für die ägyptischen Pyramiden, haben die eocänen Nummulitenkalke des Nilthales das Material geliefert, und die verhältnismäßig großen Foraminiferengehäuse, aus denen sie zusammengesetzt sind, haben vielleicht früher als irgend welche andre Versteinerungen die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt.

Tertiäre Beuteltiere.

Weitaus am wichtigsten unter allen Fossilresten der Tertiärzeit sind die Überbleibsel der Säugetiere, welche uns an zahlreichen Punkten in großer Anzahl entgegentreten, und an die Untersuchung der Abstammung der jetzigen Formen von ihren tertiären Vorfahren knüpft sich naturgemäß ein ganz besonderes Interesse. Gerade auf diesem Gebiete hat sich

den Paläontologen die Notwendigkeit aufgedrängt, die Stammverwandtschaft der einzelnen Typen mit besonderer Sorgfalt zu erforschen, und die Erfolge, welche in dieser Beziehung erzielt wurden, sind wahrhaft glänzende zu nennen, zumal wenn man die großen Schwierigkeiten berücksichtigt, welche sich der Forschung hier entgegenstellen.

Es sind namentlich zwei Hindernisse, welche eine leichte und einfache Lösung der hier vorliegenden Probleme ausschließen. Das eine bildet die unvollkommene Erhaltung der meisten Vorkommnisse; denn nur von wenigen kennen wir annähernd vollständige Skelete, von einer größern Anzahl allerdings viele wichtige Knochenteile, aber von der großen Mehrzahl nur einzelne Zähne, Kieferfragmente oder andre isolierte Bruchstücke. Das zweite Hindernis ist die außerordentlich große Lücke, welche dadurch entsteht, daß wir aus der ganzen Kreideformation noch keine Säugetierreste haben.

Auch das, was in Ablagerungen älter als die Kreide gefunden worden ist, beschränkt sich auf dürftige Trümmer; beschrieben ist ein ziemlich vollständiger Säugetierschädel aus der Trias von Südafrika und außerdem aus Jura und Trias eine Anzahl von Unterkiefern und isolierten Zähnen, endlich zwei Extremitätenknochen. Soweit diese Reste Aufschluß über die Stellung und Organisation der Tiere geben, denen sie angehörten, können wir schließen, daß in jener frühen Zeit nur niedrig organisierte Säugetiere lebten, welche sich nahe an die jetzt lebenden Beuteltiere oder Marsupialier anreihen. Von der Mehrzahl der Forscher werden sie auch unmittelbar zu diesen gestellt, während andre auf die Möglichkeit hinweisen, daß man es mit einem ursprünglichern, noch niedriger organisierten Typus zu thun habe, aus dem später einerseits die Beuteltiere, anderseits die hoch entwickelten Placentaltiere hervorgingen, welche alle jetzt lebenden Säugetiere, mit Ausnahme der Beuteltiere, des Schnabeltieres (Ornithorhynchus) und des Ameisenigels (Echidna), umfassen. Wie diese Frage auch entschieden werden mag, jedenfalls steht fest, daß wir, abgesehen von weit abweichenden und vermutlich ganz ausgestorbenen Formen, namentlich nahe Verwandte der jetzigen insektenfressenden Beuteltiere und neben ihnen einzelne andre Typen finden (**Plagiaulax**), welche sich an die Känguruhratten (**Hypsiprymnus**) anschließen.

Nun folgt die große, der Kreideformation entsprechende Lücke, dann treten im Tertiär Säugetiere in großer Zahl und Mannigfaltigkeit auf. **Beuteltiere** stellen sich auch hier wieder ein, allein während sie früher die alleinigen Vertreter waren, spielen sie nun neben einer Überzahl andrer Typen nur eine sehr untergeordnete Rolle, während wir allerdings bei vielen alttertiären Placentaltieren einzelne Merkmale vorfinden, welche sonst den Marsupialiern eigen sind. Wenn wir die Entwickelung dieser letztern verstehen wollen, müssen wir vor allem deren heutige Verbreitung ins Auge fassen. Die große Mehrzahl aller Beuteltiere ist jetzt auf die **australische Region**, auf Neuholland, Tasmanien, Neuguinea und einige benachbarte Inseln, beschränkt, und nur die kleine Familie der **Opossums** oder **Beutelratten** (**Didelphys**) findet sich in Amerika. Beim Vergleiche der fossilen Marsupialier mit den lebenden ergibt sich nun, daß die mesozoischen Formen entweder ganz eigentümlich sind, oder sich an australische Typen anschließen. Im Tertiär dagegen haben wir ganz abweichende Verhältnisse vor uns: neben einigen fremdartigen Vorkommnissen im Eocän von Amerika sind im Tertiär Beziehungen zu Australien nur verschwindend angedeutet, nur durch zwei überaus seltene Arten der Gattung **Ptilodus** oder **Neoplagiaulax** aus dem Eocän von Nordamerika und von Frankreich; sie schließen sich einerseits an den jurassischen **Plagiaulax**, anderseits an die lebende australische Känguruhratte (**Hypsiprymnus**) an. Dagegen treten Beutelratten, wie sie jetzt in Amerika vorkommen, im ältern Tertiär in viel bedeutenderer Zahl auf; sie werden von manchen Paläontologen zu der noch jetzt lebenden Gattung **Didelphys** gerechnet, von andern wird für dieselben die Gattung **Peratherium** aufgestellt, die aber von jener jedenfalls nur sehr wenig verschieden ist.

An die Entdeckung der ersten fossilen Beutelratten im Tertiär Europas knüpft sich vom geschichtlichen Standpunkte aus ein besonderes Interesse, indem bei deren Auffindung die damals noch neuen paläontologischen Methoden die Feuerprobe bestanden. Cuvier, welchem man die Begründung derselben verdankt, unternahm zuerst die Deutung der Säugetierreste, welche in den oligocänen Gipslagern des Montmartre in Paris vorkommen. Da man hier in der Regel ziemlich zerstreute Trümmer, einzelne Knochen der verschiedensten Tiere findet, so kam es in erster Linie darauf an, festzustellen, welche Teile zusammengehören, und um darüber zu entscheiden, stützte sich Cuvier auf seine genaue Kenntnis des Baues lebender Tiere. Bei diesen fand er nämlich eine gewisse Gesetzmäßigkeit des Baues, er sah z. B., daß mit bestimmten Eigentümlichkeiten eines Teiles des Körpers, z. B. des Gebisses, stets bestimmte Merkmale andrer Körperteile, z. B. der Füße, verbunden sind oder, wie der technische Ausdruck lautet, in Korrelation stehen. Zwar ging Cuvier in seinem Vertrauen auf diese Gesetzmäßigkeit etwas zu weit, und es hätte unter Um-

Didelphys Parisiensis, das von Cuvier untersuchte Exemplar einer Beutelratte aus dem unteroligocänen Gipse des Montmartre bei Paris. m Die Beutelknochen. (Nach Gaudry.)

ständen auch ein Irrtum unterlaufen können; jedenfalls aber bewährten sich die Gesetze der Korrelation bei der Untersuchung der Gipstiere aufs beste, wie sie denn überhaupt in der Mehrzahl der Fälle Gültigkeit haben und, mit Kritik und Vorsicht angewendet, die Grundlage jeder rationellen paläontologischen Untersuchung bilden. Anfangs jedoch begegnete diese Methode vielen Zweifeln und ernstem Mißtrauen, und Cuvier beschloß daher, bei günstiger Gelegenheit an einem besonders hervorragenden Falle seine Anschauungen dadurch einer öffentlichen Probe zu unterziehen, daß er die Beschaffenheit der noch vom Steine umhüllten Teile eines Tieres nach den sichtbaren Partien vorhersagte. Bald bot sich ihm die günstigste Gelegenheit zu einem derartigen Versuche: es wurde ihm ein Block aus den Steinbrüchen des Montmartre gebracht, auf welchem nur der vordere Teil des Skeletes eines kleinen Tieres sichtbar war, während das Hinterteil offenbar noch unversehrt im Gesteine steckte. Die Untersuchung der Zähne ergab, daß eine Beutelratte vorliege, also eine Form, von der nie auch nur eine Spur in Europa gefunden worden war, und Cuvier sagte nun voraus, daß am Becken des Tieres sich die charakteristischen Beutelknochen finden müßten. Er lud nun eine Anzahl von Zoologen und andern Sachverständigen, eine Art von Gelehrtenkommission, ein und präparierte in ihrer Gegenwart mit Hammer und Meißel die Beutelknochen (s. obenstehende Abbildung) aus dem Gesteine heraus. Dieser Fall erregte ganz außerordentliches Aufsehen und widerlegte in glänzender Weise die Zweifel, welche an der Berechtigung der paläontologischen Methode erhoben worden waren.

Schon ein Blick auf die Verbreitung der lebenden und fossilen Beuteltiere läßt uns eine Thatsache von großer Bedeutung erkennen. Den jurassischen Ablagerungen fehlen die

jetzt in Amerika lebenden Beutelratten und die Placentaltiere, es kommen dagegen zahlreiche Beuteltiere von australischem Typus vor. Im Tertiär sind die letztern, wenigstens in den amerikanischen und europäischen Ablagerungen, fast verschwunden, während Beutelratten in ziemlicher Zahl vorhanden sind und Placentaltiere weit überwiegen. Australien enthält jetzt außer seinen Marsupialiern von Säugetieren nur Fledermäuse, einige Mäuse und Ratten, die leicht durch menschlichen Verkehr eingeschleppt werden, und endlich den wilden Hund oder Dingo, den verwilderten Nachkommen eines Haushundes, also lauter Formen, die aller Wahrscheinlichkeit nach erst spät hierher gelangt sind. Wenn wir von diesen fremden Elementen absehen, zeigt uns Australien eine Säugetierfauna, wie sie Europa und Amerika zur Jurazeit besessen haben, und wir dürfen daraus schließen, daß die Trennung Australiens vom asiatischen Festlande noch in der mesozoischen Zeit stattgefunden habe, daß seine Fauna und Flora[1] seit dieser Zeit von derjenigen der übrigen Erde isoliert waren und nur durch gelegentliche Einwanderung schwache Zuzüge erhielten. Natürlich hat sich auch hier die Beuteltierbevölkerung nicht unverändert erhalten, sie hat sich vielfach umgestaltet und modifiziert und in der Diluvialzeit auch einige riesenhafte Vertreter geliefert; aber in den Hauptzügen stehen alle diese Formen doch immer noch den kleinen Tieren des europäischen Jura näher als irgend welchen jungen Vorkommnissen außeraustralischer Gegenden.

Entwickelung der Placentaltiere.

Die höher organisierten Säugetiere oder Placentaltiere, bei welchen im Embryonalleben eine Placenta vorhanden ist, die Jungen in reiferm Zustande als bei den Beuteltieren zur Welt kommen und nicht wie bei diesen nach der Geburt einige Zeitlang in einer Tasche am Unterleibe des Weibchens getragen werden, zerfallen bekanntlich in eine große Anzahl von wichtigen Abteilungen, deren man in der Jetztzeit gewöhnlich die folgenden unterscheidet:

1. Cetaceen (Wale, Delphine).
2. Edentaten (Faultiere, Gürteltiere, Schuppentiere ꝛc.).
3. Nagetiere (Hasen, Mäuse, Eichhörnchen, Stachelschweine).
4. Insektenfresser (Igel, Spitzmäuse, Maulwürfe ꝛc.).
5. Fledermäuse.
6. Raubtiere (Hunde, Bären, Marder, Hyänen, Katzen, Seehunde ꝛc.).
7. Hyrakoide (Klippdachs in Syrien und Südafrika).
8. Huftiere (Ungulaten).
   a) Unpaarhufer oder Perissodaktylier (Pferd, Tapir, Rhinozeros).
   b) Paarhufer oder Artiodaktylier (Schweine, Wiederkäuer).
   c) Sirenen (Seekühe).
9. Rüsseltiere oder Proboscidier (Elefanten).
10. Halbaffen oder Lemuren.
11. Primaten (Affen und Mensch).

Bei der Untersuchung der europäischen Tertiärablagerungen fand man eine große Anzahl neuer Gattungen und Arten, selbst neue Familien, aber mit wenigen Ausnahmen ließen sich dieselben ohne Schwierigkeit in die eine oder die andre der genannten Ordnungen einreihen; einzelne wenige allerdings wollten sich dem nicht fügen, man fand eine geringe Anzahl von Gattungen, welche Charaktere von Raubtieren mit solchen von Beuteltieren zu verbinden schienen, während an einer andern Stelle die Grenze undeutlich war, welche die Halbaffen von andern Formen scheidet. Immerhin war die Zahl solcher Fälle eine überaus geringe, sie gibt uns eine schwache Andeutung über das Vorhandensein von Bindegliedern,

[1] Die Untersuchungen von Ettingshausen über die fossilen Floren Australiens zeigen allerdings, daß der Vorgang nicht so einfach war, wie man in der Regel annimmt; doch ist hier nicht der Ort, auf die Einzelheiten in dieser Richtung einzugehen.

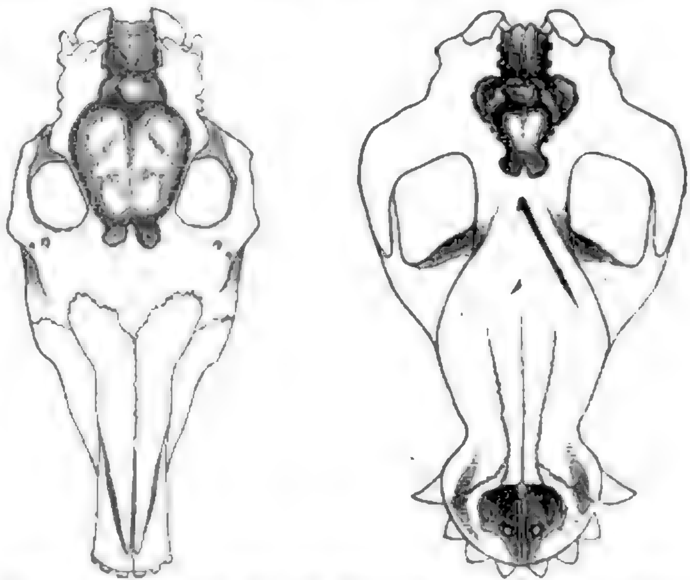
aber keine genügenden Anhaltspunkte, um die Abstammung der einzelnen Abteilungen sicherzustellen, und ebensowenig konnten diese dürftigen Reste Veranlassung für die Aufstellung neuer Ordnungen geben.

Den hauptsächlichsten Grund für diese Erscheinung bietet die Armut des europäischen Eocän an vollständigen und wohlerhaltenen Säugetierresten, und wenn auch im untern Oligocän deren eine weit größere Zahl vorhanden ist, so sind diese doch gerade für das Verständnis der Abstammungsverhältnisse nicht von sehr großer Bedeutung, da die Mehrzahl derselben aus Gründen, die wir später besprechen werden, ohne unmittelbare Nachkommen ausgestorben ist. Erst als in neuerer Zeit die überaus reichen Fundstätten in den zentralen Teilen von Nordamerika, in Nebraska, Wyoming, Colorado, Neumexiko und andern Staaten und Territorien zwischen dem Mississippi im Osten und der Sierra Nevada im Westen, entdeckt wurden, änderte sich dieses Verhältnis; durch die Untersuchungen von Cope, Leidy und Marsh wurden sehr zahlreiche Typen des ältern Tertiär in sehr viel vollständigerm Zustande bekannt, als man sie bisher gesehen hatte, und es wird nun dem Paläontologen möglich, die Beziehungen der einzelnen Abteilungen untereinander zu beurteilen. Hier tauchen Formen auf, die bei aller Analogie mit heutigen Tieren doch in wichtigen Merkmalen von diesen abweichen und scheinbar durchaus getrennte Abteilungen miteinander in Verbindung bringen. So finden wir Mittelglieder zwischen Huftieren und Elefanten, Insektenfresser und Raubtiere lassen sich nicht mehr scharf voneinander scheiden und zeigen in ihren ältesten Vertretern merkwürdige Annäherung an die Beuteltiere; ja, es gewinnt sogar die Annahme an Wahrscheinlichkeit, daß der Stamm der Huftiere und Elefanten sich aus einer den Raubtieren und Insektenfressern nahestehenden Form entwickelt habe.

Allerdings ist es für den Augenblick noch nicht möglich, die tertiären Säugetierfaunen Nordamerikas ganz zu überblicken; erst ein Teil der hier erzielten Ergebnisse ist in genügender Weise veröffentlicht, die Angaben verschiedener Autoren stehen in vielen Punkten im Widerspruche untereinander, und es wird von denselben auf andre bereits erschienene Arbeiten so wenig Rücksicht genommen, daß es sehr schwierig ist, die Menge der Angaben richtig zu überblicken und zu würdigen. Doch treten manche Gruppen wichtiger Thatsachen mit hinreichender Klarheit hervor, um sofort erfaßt zu werden, und an ihrer Hand ist es auch heute schon möglich, einige Haupterscheinungen in der Entwickelung der Säugetiere zu erkennen, wie sie namentlich durch Max Schlosser in neuerer Zeit präzisiert worden sind.

Vergleichen wir die Gesamtheit der geologisch alten Placentaltiere mit den neuesten Vertretern, wie sie in der diluvialen und in der heutigen Fauna vorhanden sind, so tritt als eine erste wichtige Abweichung die weit größere Mannigfaltigkeit der Typen in der jetzigen Schöpfung hervor. Die Zahl der einzelnen Familien ist eine größere geworden, und die Unterschiede, welche die extremern Formen voneinander trennen, sind wichtigere und tiefer eingreifende, als das im ältern Tertiär der Fall war, die Differenzierung hat also bedeutende Fortschritte gemacht. Obwohl kaum ein Punkt in der ganzen Organisation vorhanden ist, in welchem sich nicht erhebliche Änderungen einstellen, so sind es doch ganz bestimmte Teile, in welchen das in besonders hervorragendem Maße und bei sehr vielen Abteilungen in ähnlicher Weise der Fall ist. Natürlich kann dabei hier nur von denjenigen Änderungen die Rede sein, welche das Skelet betreffen oder wenigstens auf dessen Gestaltung Einfluß üben und daher auch bei den fossilen Vorkommnissen beobachtet werden können. Vor allem sind es drei Teile des Körpers, an welchen sich die weitgehendsten Umgestaltungen einstellen: am Gehirne, am Gebisse und an den Füßen. In diesen drei Richtungen finden wir die beträchtlichsten Unterschiede, aber natürlich wird keins dieser Organsysteme sehr beträchtliche Veränderungen erleiden können, ohne daß mittelbar auch andre Teile dadurch

berührt würden. Denken wir uns z. B., daß die Zähne eine Umformung erleiden, welche sie befähigt, härtere, schwerer zu zerkleinernde Nahrung zu bewältigen, so wird auch eine Verstärkung der Kaumuskulatur eintreten müssen, welche die zur Anwendung dieser vollkommenern Beißinstrumente erforderliche Kraft zu entwickeln vermag. Diese Verstärkung der Muskulatur wird aber wieder auf die Gestalt des Schädels von Einfluß sein, indem an demselben die Ansatzstellen für die Kaumuskulatur und die einzelnen Knochen, welche diese tragen, kräftiger entwickelt werden. Ebenso werden mit einer Verstärkung des Gebisses auch die Knochen sich vergrößern, welche die Zähne tragen, also vor allen Ober- und Unterkiefer, und deren wachsender Umfang muß die übrigen Teile des Schädels beeinflussen, wie das in zahlreichen Fällen nachgewiesen werden kann. Die Veränderung der Nahrung wird aber auch auf die Verdauungsorgane von Einfluß sein, sie wird unter Umständen eine vollständige Umgestaltung der Lebensweise mit sich bringen müssen und auf diese Weise auch z. B. den Bau der Füße beeinflussen, indem dieselben zum Laufen, Graben, Klettern eingerichtet werden.

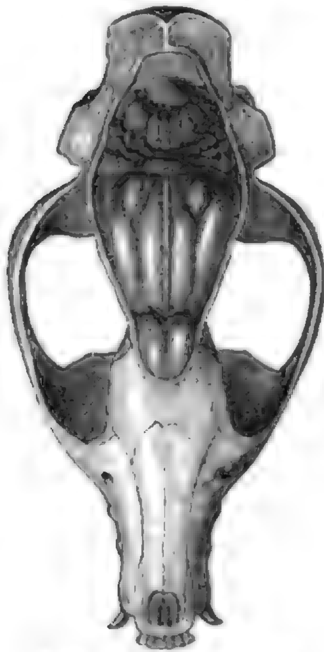


Schädel von Coryphodon und Pferd im Umrisse mit eingezeichnetem Gehirne: rechts Coryphodon, eine sehr alte Form mit sehr unentwickeltem und kleinem Gehirne; links das Pferd, ein sehr junger Typus mit ausgebildetem Gehirne. (Nach Marsh.)

Das Gehirn selbst ist natürlich bei fossilen Formen nie erhalten; allein den Umriß desselben und oft auch gewisse Einzelheiten des Baues kann man nach den innern Ausgüssen der Schädelhöhle beurteilen; häufig ist diese mit Gesteinsmasse erfüllt, und durch Herauspräparierung dieser Ausfüllung, des Steinkernes, kann man Aufschluß über die Form dieses wichtigen Teiles erhalten, manchmal ist auch keine Ausfüllungsmasse vorhanden, und man kann dann durch Ausgießen der Höhlung mit einer der gewöhnlich zum Abformen benutzten Substanzen dasselbe erzielen. Bei allen geologisch alten Säugetieren ist das Gehirn verhältnismäßig sehr klein (s. obenstehende Abbildung), bei einzelnen kaum größer entwickelt als bei manchen Reptilien. Bei den riesigen Dinoceraten, nahezu elefantengroßen Tieren des amerikanischen Eocän, bei welchen allerdings eine Rückbildung stattgefunden zu haben scheint, ist der Umfang ein so geringer, daß man es durch den Rückenmarkskanal durchziehen könnte. Abgesehen von der geringen Größe aber treten noch andre wichtige Merkmale niedriger Organisation auf. Betrachten wir das Gehirn des Menschen, so sehen wir, daß das sogenannte **große Gehirn**, der Sitz der geistigen Fähigkeiten, sehr groß und aus zahlreichen Windungen zusammengesetzt ist, es übertrifft alle andern Teile an Größe und ist so ausgebreitet, daß es sich ganz über das **kleine Gehirn** legt und dieses ganz bedeckt, während das letztere sich seinerseits über der Fortsetzung des Rückenmarkes im Schädel, über das **verlängerte Rückenmark** (Medulla oblongata), ausbreitet. Bei den andern Säugetieren ist die Entwickelung des Gehirnes keine so hohe, stets ist bei diesen die Zahl der Windungen des großen Gehirnes geringer, dasselbe übertrifft das kleine Gehirn nicht mehr so sehr an Größe und bedeckt nur noch einen Teil desselben. So finden wir das Verhältnis bei allen höhern Säugetieren. Bei den geologisch alten Formen im Eocän dagegen sind Windungen des Gehirnes nur sehr schwach entwickelt; das Großhirn ist so klein, daß es nicht mehr über das kleine Gehirn weggreift, ja es treten

noch andre Teile an die Oberfläche, welche bei den höhern Formen ganz gedeckt werden. Den vordersten Teil des Gehirnes bilden hier die sogenannten Riechlappen (Lobi olfactorii), von welchen die Geruchsnerven ausgehen, und welche beim Menschen weit nach rückwärts gerückt, unter dem Großhirne, liegen. Auf die Riechlappen folgt das schwach entwickelte und fast glatte Großhirn, dann das kleine Gehirn, zwischen beiden ist aber oft noch Raum gelassen, so daß das Mittel- und Zwischenhirn und namentlich die Sehlappen (Lobi optici) von obenher sichtbar sind. Hinter dem kleinen Gehirne folgt dann das verlängerte Rückenmark (s. untenstehende Abbildung).

Dieser Typus der Gehirnentwickelung ist den geologisch ältesten Placentaltieren wie den Beuteltieren gemein, er setzt sich aber mit gewissen nicht sehr erheblichen Abänderungen auch bei gewissen Gruppen der Placentaltiere bis in die Jetztzeit fort. Insektenfresser, Nagetiere, Fledermäuse, Edentaten (Faultiere, Gürteltiere und ihre Verwandten) und Halbaffen haben auch heute noch wenig ausgebildetes Großhirn mit sehr unentwickelten Windungen, während bei Raubtieren, Huftieren, Elefanten und Affen das Gehirn als Ganzes größer ist und das Großhirn mehr in den Vordergrund tritt und zahlreichere Windungen zeigt. Die zuerst genannten Abteilungen haben also im Baue des Gehirnes seit Beginn des Tertiär wenig Fortschritte gemacht; sie sind in der Entwickelung stehen geblieben, während die zuletzt genannten Typen und noch mehr der Mensch uns die stets fortschreitende Ausbildung des Gehirnes repräsentieren. Man hat danach die ganze Masse der Säugetiere in zwei Hauptabteilungen bringen wollen: in Formen mit glattem, wenig entwickeltem Hirne (Lissencephala) und in solche mit großem, hoch entwickeltem, mit zahlreichen Windungen versehenem Hirne (Gyrencephala, Mammalia educabilia). Allein abgesehen davon, daß die Walfische mit sehr kleinem, aber reich gewundenem Hirne in keiner der beiden Abteilungen gut unterzubringen wären, ergibt eine nähere Betrachtung der Stammesentwickelung in einzelnen Abteilungen, daß eine derartige Gruppierung durchaus falsch ist. Eine naturgemäße Einteilung muß die einzelnen Hauptstämme möglichst nahe an der Wurzel voneinander trennen, sie darf aber nicht innerhalb der einzelnen Formenreihen die niedrigern Glieder von den höhern scheiden und jene in eine, diese in andre Abteilungen bringen; die ältesten Formen der Huftiere, des Raubtierstammes &c. haben glattes, schwach entwickeltes Gehirn, sie müßten also in der naturwidrigsten Weise von ihren Nachkommen getrennt und mit ganz fremden Elementen, mit Nagetieren, Edentaten &c., vereinigt werden. Innerhalb der Jetztwelt allerdings ist es von Bedeutung, die in der Gehirnentwickelung zurückgebliebenen den fortgeschrittenen und damit auch meist geistig höher stehenden Typen entgegenzustellen, aber der Gegensatz beruht nicht auf durchgreifenden Verschiedenheiten in der Abstammung und darf daher nicht als wesentliches Moment in die Klassifikation eingeführt werden.


Gehirn von Proviverra.

Von noch größerer Bedeutung als die Änderungen des Gehirnes sind für den Paläontologen diejenigen des Gebisses, dessen Merkmale leicht faßbar und dessen Teile häufig in brauchbarer Weise erhalten sind. Die Zähne der Wirbeltiere überhaupt entwickeln sich, wie die embryologischen Untersuchungen zeigen, aus Wucherungen von Hautgebilden im Innern des Mundes, die z. B. von den Chagrinkörnern in der Haut der Haifische nicht wesentlich verschieden sind; sie verkalken und treten dann in Verbindung mit verschiedenen Knochen des Schädels. Bei manchen niedrigern Wirbeltieren finden sich Zähne, außer im

Ober- und Unterkiefer, noch an den verschiedenen Teilen der Mund- und Rachenhöhle, bei den Säugetieren sind sie auf die Kiefer beschränkt und an diesen in der Weise befestigt, daß sie in besondern Gruben, den Alveolen, mit ihren Wurzeln eingekeilt sind, eine Befestigungsart, die allerdings bei den Delphinen und ihren Verwandten nur unvollkommen ausgebildet ist. Ein gewöhnlicher, vollständig entwickelter Zahn besteht aus zwei verschiedenen Substanzen, der Zahnsubstanz oder dem Zahnbeine (Dentin) und dem Schmelz oder Email; die erstere macht die Hauptmasse des Zahnes und namentlich dessen Wurzel aus, sie nähert sich in ihrer Beschaffenheit sehr der gewöhnlichen Knochensubstanz, unterscheidet sich aber von dieser dadurch, daß sie statt der mikroskopischen verästelten Kanälchen der Knochen zarte parallele Röhrchen enthält. Der Schmelz, das härteste Gebilde des tierischen Organismus, überkleidet den Dentinkörper des Zahnes äußerlich wie eine Kappe, oder er dringt in mehrfachen Falten in dessen Inneres ein (schmelzfaltige Zähne), und im letztern Falle lagert sich zwischen die Schmelzfalten sehr oft noch eine dritte Substanz, das dem Dentin ähnliche, aber weichere Zahnzement (zusammengesetzte Zähne), ein. Nur bei den Edentaten mit ihrem außerordentlich verkümmerten Gebisse bestehen die Zähne ausschließlich aus Dentin.

Einzelne Säugetiere haben gar keine Zähne, wie die Schnabeltiere, die Ameisenigel, Bartenwale und Ameisenfresser; bei einigen andern sind nur einige wenige sehr stark entwickelte Zähne oder nur ein einziger vorhanden, wie z. B. beim Narwal; andre haben unvollkommen und gleichmäßig entwickelte Zähne in sehr großer Zahl, wie manche Gürteltiere und die Delphine. Bei der großen Mehrzahl der Säugetiere ist aber die Zahl der Zähne eine beschränkte und gesetzmäßige, und sie gliedern sich nach Form und Stellung in verschiedene Gruppen, deren Unterscheidung von größter Bedeutung ist.

Die Hauptgrundzüge dieser Gliederung, die Unterscheidung von Schneidezähnen oder Inzisiven, von Eckzähnen oder Caninen, und von Backenzähnen oder Molaren, sind allgemein bekannt. Im vordern Teile der Kiefer befinden sich die in der Regel meißelförmig gestalteten Schneidezähne; im Oberkiefer, welcher aus zwei verschiedenen Teilen, dem eigentlichen Oberkiefer und dem vorn gelegenen Zwischenkiefer, besteht, gehören die Schneidezähne ganz dem Zwischenkiefer an. Dann folgen die Eckzähne, meist kegelförmig oder hakenförmig gekrümmt, spitz, oft durch ihre Größe hervortretend und dann als gewaltige Waffen dienend, deren in jedem Kieferaste nur einer vorhanden ist. Weiter rückwärts erscheinen dann die Backenzähne, meist mit mehrfachen Wurzeln ausgestattet, speziell zur Zerkleinerung der Nahrung bestimmt und darum komplizierter und äußerst mannigfaltig gebaut, je nach der sehr verschiedenen pflanzlichen oder tierischen Nahrung. Auch in den Backenzähnen lassen sich wieder bedeutende Unterschiede festhalten, indem die vordern unter ihnen in der Regel schwächer und weniger kompliziert gebaut sind als die nach rückwärts gelegenen, und jene werden als unechte Backenzähne oder Prämolaren von den echten hintern Backenzähnen oder Molaren unterschieden. Mit der Abweichung in der Form geht gewöhnlich noch eine weitere wichtige Differenz zwischen Prämolaren und Molaren Hand in Hand. Bekanntlich tritt bei den meisten Säugetieren in der Jugend das sogenannte Milchgebiß auf, welches aus Schneidezähnen, Eckzähnen und Prämolaren besteht; diese fallen im Laufe des Wachstumes aus, an ihre Stelle kommen die endgültigen Schneidezähne, Eckzähne und Prämolaren und auch die echten Molaren, welche also im Gegensatze zu den Prämolaren keinem Zahnwechsel unterworfen sind, sondern nur einmal erscheinen.

So scharf diese Scheidung zwischen Prämolaren und Molaren zu sein scheint, so ist sie doch keine durchgreifende, da manche Säugetiere gar keinen oder nur einen unvollkommenen Zahnwechsel besitzen. Das erstere ist bei den Zahnwalen und Edentaten der Fall, das letztere bei den Beuteltieren und manchen Nagetieren; bei den Beuteltieren wird nur ein Prämolar in jedem Kieferaste ersetzt, der Zahnwechsel kann also hier nicht zur Unterscheidung von

Prämolaren und Molaren dienen, die aber trotzdem sich in ihrer Form voneinander abheben. Überhaupt gehören die Erscheinungen des Zahnwechsels zu den schwierigsten und dunkelsten Fragen, welche das Studium der Säugetiere uns vorlegt; man hat die Ansicht geäußert, daß ursprünglich bei den Säugetieren kein solcher vorhanden war, sondern daß alle Zähne, die jetzt gleichsam in zwei Generationen auftreten, ursprünglich gleichzeitig und nebeneinander im Kiefer vorhanden waren. Als dann in der Entwickelung der Stämme Formen mit größern, verwickelter gebauten Zähnen auftraten, wurden für diese die Kiefer zu kurz, und es fand nun eine Scheidung der Zähne in zwei Gruppen statt, von denen die einen, die Milchzähne, zuerst auftreten und dann von den andern, den definitiven Zähnen, verdrängt werden. Diese Auffassung fand eine scheinbare Bestätigung in dem Umstande, daß bei den niedrig organisierten Beuteltieren mit ihrem sehr unvollständigen Zahnwechsel Formen mit zahlreichern Zähnen auftreten, als sie bei irgend einer Gruppe von Formen mit normalem Wechsel gleichzeitig im Kiefer vorkommen. Allein eine nähere Betrachtung zeigt, daß, wenn ein solches Verhältnis bezüglich der Prämolaren nach den vorkommenden Zahlen möglich wäre, dies doch für die Schneide- und Eckzähne durchaus nicht der Fall ist. Da überdies bei manchen niedrigern Wirbeltieren ein weit reichlicherer Zahnwechsel vorkommt als bei den Säugetieren, so ist es wahrscheinlich, daß diese den Zahnwechsel von tiefer stehenden Vorfahren ererbt haben, bei denen die Scheidung in Inzisiven, Caninen und Molaren noch nicht vorhanden war.

Zahl und Beschaffenheit der Zähne gehören zu den wichtigsten Merkmalen der Säugetiere, die bei jeder Beschreibung erwähnt werden müssen. Da es nun umständlich wäre, dies immer ausführlich mit Worten anzugeben, so hat man sich geeinigt, dafür kurze Formeln zu gebrauchen. Der Mensch hat die gleiche Zahl von Zähnen im Ober- und Unterkiefer, nämlich 4 Schneidezähne, 2 Eckzähne, 4 Prämolaren und 6 Molaren. Da nun aber die beiden Äste von Ober- und Unterkiefer gleiche Entwickelung zeigen, so schreibt man nur die eine Hälfte an und erhlät so als die Zahnformel:

$$i\,\frac{2}{2},\ c\,\frac{1}{1},\ p\,\frac{2}{2},\ m\,\frac{3}{3} = 32, \text{ oder noch kürzer } \frac{2.1.2.3}{2.1.2.3} = 32.$$

Ein verhältnismäßig sehr reicher Gebißtypus von großer Wichtigkeit, der bei vielen ausgestorbenen Formen und in der Jetztwelt bei den Schweinen, Tapiren und einzelnen Insektenfressern auftritt, ist: $\frac{3.1.4.3}{3.1.4.3} = 44$. Als Repräsentant eines sehr unvollständigen Gebisses mag die Entwickelung gelten, wie sie die Mehrzahl der Wiederkäuer zeigt, nämlich $\frac{0.0.3.3}{3.1.3.3} = 32$, während wir beim Biber $\frac{1.0.4}{1.0.4} = 20$ finden.

Die letzten Beispiele zeigen, daß nicht immer alle Arten von Zähnen vorhanden sind, und daß in deren Zahl große Unterschiede vorkommen. Vergleichen wir in dieser Richtung die geologisch alten mit den jüngern Säugetieren, so finden wir, daß bei den erstern das Gebiß eine größere Anzahl von Zähnen und meist alle Arten derselben enthält, während in den jüngern Ablagerungen die Formen mit reduziertem Gebisse häufiger sind. Allerdings zeigen die Nagetiere schon früh dieselbe geringe Bezahnung wie heute, und Cope und Marsh haben uns in den sogenannten Tillodonten und Täniodonten alt-eocäne Formen mit sehr wenigen Zähnen kennen gelehrt, auch die in höhern Eocänschichten auftretenden Dinoceraten zeigen ähnliche Charaktere, und selbst in Trias und Jura stellen **Tritylodon** und **Plagiaulax** unter den Beuteltieren schon einen ähnlichen Typus dar. Allein diese Formen, mit Ausnahme der Nagetiere, sind ausgestorben, und wenn wir die einzelnen Formenreihen ins Auge fassen, so können wir überaus häufig eine Verminderung in der Zahl der Zähne nachweisen, während eine Vermehrung zwar nicht ausgeschlossen, aber doch außerordentlich

selten ist. Nur das Auftreten eines vierten echten Backenzahnes bei vielen Individuen der Raubtiergattung Otocyon, des südafrikanischen Löffelfuchses, und bei überaus seltenen Exemplaren unsers Haushundes kann als Beispiel hierfür angeführt werden.

Wenn wir in sehr verschiedenen Abteilungen der Säugetiere, bei Raubtieren, Huftieren, Halbaffen ꝛc., die Formenreihen bis ins Eocän zurückverfolgen, so gelangen wir überall zu Typen mit der Zahnformel, die sich heute beim Schweine erhalten hat, nämlich 44 Zähne, die in folgender Weise verteilt sind: $\frac{3.1.4.3}{3.1.4.3} = 44$, und wir können dies geradezu als die Normalformel für die meisten Placentaltiere bezeichnen. Nur die Tillodonten und Täniodonten, welche schon im Eocän aussterben, ferner die Nagetiere, endlich die durchaus abnormen und heute noch ganz unverstandenen Wale und Edentaten schließen sich nicht an.

Weit reichere Bezahnung finden wir dagegen bei einem Teile der Beuteltiere; der lebende Myrmecobius in Australien hat 52 Zähne von der Formel $\frac{4.1.4.4}{3.1.5.4} = 52$, und bei einzelnen jurassischen Arten scheint die Zahl auf 68 zu steigen (s. Abbildung, S. 306); wenn also, wie es kaum anders möglich ist, solche beuteltierartige Formen der mesozoischen Zeit als die Vorfahren unsrer Placentaltiere betrachtet werden müssen, so stellt schon die oben erwähnte Normalzahl von 44 Zähnen eine erhebliche Reduktion dar.

Noch größere *Verschiedenheiten* als in der *Zahl* sind in der *Form* und im *Baue der Zähne der Säugetiere* vorhanden, und auch hier sehen wir, daß die geologisch jüngern Formen durch weit mannigfaltigere und großenteils auch durch kompliziertere Entwickelung ausgezeichnet sind. Ganz abgesehen von den Dentinstummeln der Gürteltiere und den ebenfalls auf größte Einfachheit reduzierten Zähnen der Delphine, welche zu weit von allen andern abweichen, um einen direkten Vergleich zu gestatten, sind die Unterschiede zwischen den überaus verwickelt gebauten Zähnen eines Pferdes, eines Rindes oder Elefanten und der einfachen Bildung eines Tapirs, selbst innerhalb einer und derselben größern Abteilung der Säugetiere, so außerordentlich groß, daß es kaum möglich scheint, darin einen gemeinsamen Grundtypus zu erkennen. Aber trotzdem haben die emsigen Untersuchungen der Paläontologen gezeigt, daß ein solcher vorhanden ist, und daß alle diese so weit voneinander abweichenden Ausbildungsarten im Laufe der Zeit durch die Anpassung an verschiedene Arten der Ernährung entstanden sind.

Reine Pflanzennahrung bedarf zu ihrer Zerkleinerung weit angestrengterer Kauthätigkeit als Fleischnahrung oder als gemischte Kost. Gras, Blätter, Zweige, Wurzelwerk müssen sorgsam zerrieben werden, und da außerdem mit diesen häufig genug auch Erd- und Sandteile in den Mund geraten, so werden bei Tieren, die sich in dieser Weise nähren, die Zähne stark abgenutzt, und man kann daher aus dem Vorhandensein stark *abgekauter Zähne* meist schließen, daß deren Träger ganz oder vorwiegend Pflanzenfresser ist. Bei solchen Tieren muß demnach, wenn sie nicht im Kampfe ums Dasein untergehen sollen, das Gebiß eine Beschaffenheit erlangen, welche entweder der Abnutzung möglichsten Widerstand entgegensetzt, oder einen Ersatz für den Verlust bietet, während z. B. bei einem Raubtiere oder Insektenfresser in der Regel eine derartige Abreibung viel weniger eintritt und daher eine andre Entwickelung Platz greifen wird.

Eine Art des Ersatzes für den Verlust durch Abnutzung finden wir in dem Vorhandensein von *fortwährend wachsenden Zähnen* mit offener Wurzel. Bei den meisten Säugetieren sind die Zähne unten durch Wurzeln geschlossen, und ein Nachwachsen derselben findet nicht statt, bei manchen Formen aber ist die Nerven und Gefäße enthaltende Zahnhöhle nach unten nicht geschlossen, der Zahn wächst unausgesetzt fort und zwar in der Regel in dem Maße, als er oben abgenutzt wird. Die ausgezeichnetsten Beispiele solcher

fortwährend wachsenden Zähne stellen die Stoßzähne der Elefanten und die meißelförmigen Schneidezähne der Nagetiere, der Biber, Murmeltiere, Mäuse, Eichhörnchen &c., dar; viele Nager und die Faultiere haben fortwährend wachsende Backenzähne, und bei den Pferden, den meisten Wiederkäuern und einem vereinzelten Vertreter der Schweine, dem afrikanischen Warzenschweine (Phacochoerus), sind zwar nicht eigentlich fortwährend wachsende Molaren vorhanden, aber dieselben zeigen doch eine Einrichtung, welche sich sehr ähnlich verhält: anfangs sind nämlich die Wurzeln offen, die sehr langen Zähne wachsen nach in dem Maße, als sie abgekaut werden, und erst im Alter bilden sich Wurzeln an denselben aus.

Abgesehen von dieser Umgestaltung in der Art des Wachstumes, stellen sich bei den Pflanzenfressern sehr wichtige Eigentümlichkeiten in dem Baue der Zähne ein: der Schmelz zeigt sich reichlich gefaltet, die Falten dringen tief ins Innere des Zahnes ein, und es bilden sich Säulchen von Schmelz aus, während die Zwischenräume zwischen den Außenflächen der Schmelzpartien durch Zement ausgekleidet werden. So ist es bei Wiederkäuern und Pferden der Fall, während bei den Elefanten eine sehr große Anzahl schmaler Querjoche aus Schmelz eng aneinander gedrängt steht und die tiefen Thäler zwischen den hohen Jochen mit Zement ausgefüllt sind. In allen diesen und andern ähnlichen Fällen ist die

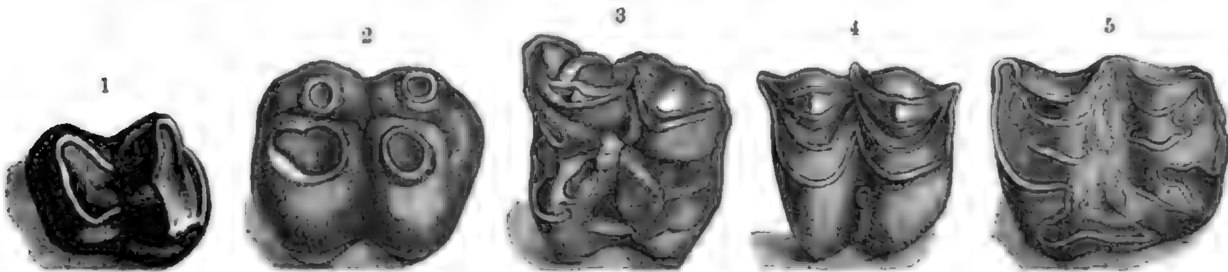
Schädel von Palaeotherium (links) und Pferd (rechts). (Nach Kowalevsky.)

Bedeutung dieser Anordnung eine Vermehrung und allgemeinere Verbreitung des harten, widerstandskräftigen Schmelzes im Zahne, wodurch die Abnutzung gemindert wird.

Vielfach können wir die allmähliche Entwickelung solcher zusammengesetzter Zähne aus einfachen verfolgen und dabei nachweisen, welchen Einfluß diese Veränderungen des Gebisses auf die Gesamtform des Schädels ausüben. Die außerordentliche Länge und Größe der Zähne wirkt, wie schon erwähnt, auf die Gestalt der Kieferknochen und namentlich auf diejenige des Oberkiefers ein, dieser vergrößert sich ganz unverhältnismäßig, während die andern Teile des Schädels nicht in demselben Maße anwachsen. Hierdurch werden dann die Proportionen des Kopfes ganz wesentlich geändert und namentlich die Augenhöhle und die Gehirnkapsel nach rückwärts gedrängt, und der Gesichtsteil erscheint wesentlich verlängert. Am deutlichsten tritt das hervor, wenn man die Lage der Augenhöhle mit der Reihe der obern Backenzähne vergleicht. So liegt bei den Paläotherien, den mit einfachern Zähnen versehenen Vorfahren der Pferde, die Augenhöhle weit vorn, so daß eine von ihrem Vorderrande senkrecht nach abwärts gezogene Linie ungefähr den ersten echten Molar trifft, während beim Pferde dieselbe Linie hinter den letzten Molar fällt (s. obenstehende Abbildung). Dasselbe Verhältnis ergibt sich, wenn man den Schädel eines tertiären Hyopotamus mit demjenigen eines Rindes vergleicht, während man bei Zwischenformen sieht, wie das Auge allmählich nach rückwärts geschoben wurde.

So mannigfach die Typen der Backenzähne bei Säugetieren sind, so sind sie nach einheitlichem Typus gebaut. Zunächst lassen sich die Molaren von Insektenfressern, Fledermäusen, Raubtieren und selbst diejenigen der Nager leicht auf eine gemeinsame Anlage zurückführen, bei welcher die Zahnkrone von einigen wenigen einfach mit Schmelz überzogenen

Höckern gebildet wird; es ist das der bunodonte oder Höckerzahntypus, welcher auch unter den Huftieren bei den Schweinen und ihren Verwandten sowie bei einer Anzahl geologisch alter ausgestorbener Formen in ausgezeichneter Weise hervortritt (vgl. den Zahn von Elotherium). Bei manchen erloschenen Huftieren mit paarigem Zehenbaue sehen wir nun, daß die Höcker der Zahnkrone in die Länge gezogen erscheinen und einen scharfen Kamm erhalten, welcher gebogen ist; aus dieser Mittelform, dem selenobunodonten Typus (vgl. den Zahn von Anthracotherium), entwickelt sich dann der aus Halbmondfalten gebildete selenodonte Zahn der Wiederkäuer (vgl. den Zahn von Tragoceros), welcher bei manchen Formen, namentlich bei den Rindern, sehr zusammengesetzten Bau mit reichlichem Zement annimmt. Neben diesen Gruppen, deren Zahnbau sich auf den bunodonten Typus zurückführen läßt, tritt noch ein zweiter Formenkreis auf, bei welchem die Anlage eine andre ist; bei den unpaarzehigen Huftieren und bei den Elefanten und ihren Verwandten ist die primitive Zahnform die zygodonte, es tritt der Jochzahn auf mit erhabenen Querleisten oder Querjochen auf der Zahnkrone, wie das beim Tapir und bei Dinotherium am klarsten ist (vgl. den Zahn vom Tapir), und aus dieser sehr einfachen Form entwickeln sich die sehr



Verschiedene Typen von Backenzähnen: 1. Zygodonter Typus, Jochzahn vom Tapir. — 2. Bunodonter Typus, Höckerzahn von Entelodon. — 3. Selenobunodonter Typus, Molar von Anthracotherium. — 4. Selenodonter Typus, Halbmondzahn von Tragoceros (Antilopenform). — 5. Zusammengesetzter Zahn vom Pferde. (Nach Gaudry und Kowalevsky.)

komplizierten Gestaltungen, die beim Elefanten und beim Pferde nach sehr verschiedener Richtung hin ihre höchste Ausbildung erreichen (vgl. die Abbildung, Backenzahn vom Pferde).

Wir sehen also, daß alle die mannigfachen Backenzähne auf nur zwei Grundformen, die höckerige oder bunodonte und die gejochte oder zygodonte, zurückgehen; die neuern Untersuchungen von Cope über die tertiären Säugetierfaunen Nordamerikas zeigen aber, daß auch diese beiden Typen ineinander übergehen; bei manchen der ältesten Jochzähne treten auf den Jochen Höcker auf, und sie lassen sich auf Stammeltern zurückführen, bei welchen die Molaren mit Höckern versehen sind, wie bei dem merkwürdigen Phenacodus aus Nordamerika. Alle die hoch modifizierten Pflanzenfressergebisse, welche hier besprochen wurden, wurzeln also in dem Höckerzahne, und Höckerzähne sind es auch, welche bei Insektenfressern, Fledermäusen, Raubtieren, Halbaffen, Affen und Menschen vorhanden sind, und diese Zahnform müssen wir, abgesehen von den ganz aberranten und noch nicht sicher deutbaren Vorkommnissen (Delphine, Gürteltiere), als die Grundform des Säugetiermolars überhaupt betrachten, zumal auch die mit vielen Zähnen ausgestatteten Beuteltiere der mesozoischen Zeit dieselbe Bildung zeigen. Ja, die Übereinstimmung geht noch weiter, und es ist Cope gelungen, zu zeigen, daß bei allen ursprünglichen Säugetieren die Oberkieferbackenzähne trituberkular sind, d. h. aus drei Höckern bestehen, während im Unterkiefer der Tuberkular-Sektorialtypus herrscht, bei welchem vorn drei Zacken stehen, an die sich hier ein Anhang oder Talon anschließt.

Natürlich sind zwischen den einzelnen Tiergruppen, welche bis heute Höckerzähne bewahrt haben, im Gesamtgebisse und im Baue der einzelnen Zähne sehr beträchtliche Unterschiede vorhanden, wenn auch der gesamte Typus gemeinsam bleibt. Bei Insektenfressern,

Fledermäusen und Halbaffen sind die Zahnkronen mit scharfen, vorspringenden Spitzen gekrönt, bei den Affen sind die Zahnkronen breit mit verhältnismäßig wenig vorspringenden Höckern, während bei den Raubtieren in spezieller Anpassung an die Fleischnahrung die Zähne zum Schneiden eingerichtet sind. Bei diesen ist namentlich eine Art der Differenzierung der Backenzähne charakteristisch, welche allen andern Säugetieren fehlt, indem der sogenannte Fleisch- oder Reißzahn auftritt; es ist das ein Backenzahn, meist größer und namentlich höher als die übrigen und speziell zum Zerschneiden des Fleisches eingerichtet, im Oberkiefer der letzte Prämolar, im Unterkiefer der erste echte Molar. Je ausgesprochener fleischfressend ein Raubtier ist, um so mehr tritt der Fleischzahn hervor, um so schärfer schneidend ist er, und um so weniger entwickelt sind die übrigen Backenzähne, am entschiedensten bei den katzenartigen Tieren. Wo dagegen die Nahrung keine ausschließlich tierische ist, tritt der Fleischzahn zurück, und die hinter ihm stehenden Molaren gewinnen an Größe, wie das bei den großenteils pflanzenfressenden Bären der Fall ist. Die vor dem Fleischzahne stehenden Prämolaren, welche meist ziemlich schwach entwickelt sind, werden als Lückenzähne, die hinter dem Fleischzahne befindlichen Molaren als Kauzähne[1] bezeichnet.

Außer an Gehirn und Zähnen gehen im Baue des Fußes bedeutende Umgestaltungen vor sich. Wenn wir vorläufig von den Umformungen in Flossen oder Ruderfüße absehen, wie sie bei Walen, Seekühen und Seehunden vorkommen, so finden wir namentlich in drei Richtungen wichtige Unterschiede, die besprochen werden müssen, nämlich in der Zahl der Zehen, in ihrer Bekleidung mit Hufen oder Krallen und Nägeln, endlich in der Art und Weise, wie der Fuß beim Gehen den Boden berührt, ob die ganze Sohle oder nur die Zehen aufgesetzt werden.

In der Jetztzeit sind namentlich alle eigentlichen Huftiere und die Mehrzahl der Raubtiere (mit Ausnahme der Bären, Dachse und ihrer Verwandten) Zehengänger, allein bei den ältesten tertiären Formen verhält sich das anders, und auch die Stammtypen der Raubtiere und Huftiere sind Sohlengänger. Der Unterschied zwischen Säugetieren, deren Zehen Hufe tragen (Ungulati im weitesten Sinne), und solchen, bei welchen Nägel oder Krallen vorhanden sind (Unguiculati), ist im allgemeinen ein sehr wichtiger und bedeutsamer; in der Jetztwelt tragen Pferd, Rhinozeros, Tapir, Schweine, Wiederkäuer, Elefanten und Klippdachse Hufe, während Insektenfresser, Fledermäuse, Raubtiere, Halbaffen, Affen und Mensch Nägel oder Krallen zeigen. So weit könnte man sogar daran denken, die schon vor langer Zeit vorgeschlagene Teilung aller Placentaltiere in Ungulaten und Unguikulaten oder in Huf- und in Krallentiere anzunehmen, allein bei den Nagern sehen wir Formen mit Hufen und solche mit Nägeln auftreten, und auch unter den Edentaten lassen sich, wenigstens bei ganz kürzlich ausgestorbenen Formen, ähnliche Verhältnisse beobachten. Es sind das gerade die Angehörigen der oben genannten abweichend gebauten Säugetiere mit abnormer Bezahnung, dagegen lassen sich die Stämme mit ursprünglich 44 Zähnen sehr natürlich nach der Zehenbekleidung in Huf- und in Nagel- oder Krallentiere scheiden.

Nur ganz vereinzelt scheinen im ältesten Eocän Übergangsglieder aufzutreten, wie die Gattung **Mesonyx**, eine den Raubtieren nahestehende Form, bei welcher die Bekleidung des letzten Zehengliedes fast ebensogut ein Huf wie eine Kralle genannt werden kann.

Die normale Zahl der Finger bei den Säugetieren ist fünf an jedem Fuße, kein einziges hat deren mehr, wohl aber treten häufig deren weniger auf; doch läßt sich in allen Fällen teils durch den Nachweis der Zwischenformen, teils aus der Art der Verbindung der Finger mit der Hand- oder Fußwurzel, teils aus dem Vorhandensein von schwachen

---

[1] Gewöhnlich werden letztere als Höckerzähne bezeichnet, doch vermeide ich diesen Ausdruck wegen des Doppelsinnes, der sich dann für den Namen Höckerzahn ergibt.

Resten, Rudimenten, der fehlenden Finger die Folgerung ableiten, daß die geringere Zahl keine ursprüngliche Eigentümlichkeit darstellt, sondern aus der Fünfzahl durch Reduktion entstanden ist. Eine solche Verminderung kommt bei sehr verschiedenen Abteilungen der Säugetiere vor, weitaus am ausgebildetsten und verbreitetsten aber bei den Huftieren im engern Sinne[1]. Einzelne eocäne Vorfahrenformen der Huftiere haben fünf Finger, bei der großen Mehrzahl sind deren vier oder weniger vorhanden, und zwar finden wir im Durchschnitte um so weniger Zehen, je mehr wir uns der Jetztzeit nähern; heute leben nur noch drei Gattungen von Huftieren mit mehr als zwei funktionierenden Zehen, d. h. Zehen, welche beim Gehen wirklich den Boden berühren und dem Körper zur Stütze dienen, nämlich Rhinozeros, Tapir und Flußpferd, während bei den Pferden nur eine, bei dem gewaltigen Heere der Wiederkäuer nur zwei Zehen vorhanden sind und die formenreiche Familie der Schweine deren zwar vier besitzt, von denen aber nur zwei den Boden berühren, während die beiden andern schon in entschiedener Rückbildung begriffen sind. Es zeigt sich dabei ein entschiedener Zusammenhang von Körperform und Lebensweise mit der Entwickelung der Zehen. Diese sind in großer Zahl vorhanden, wo ein plumper, schwerer Körper und häufig auch Aufenthalt auf weichem, sumpfigem Boden eine breite, massive Basis erfordern, während das Minimum der Zehenentwickelung bei schlanken, schnellfüßigen Formen vorkommt, da eine schmale Hufffläche bei der raschen Bewegung auf hartem Boden die geringste Reibung verursacht.

Übrigens treten Huftiere mit stark reduziertem Fußbaue schon in ziemlich alten Tertiärbildungen auf, bereits im obersten Eocän finden sich in Europa zweizehige Formen, welche teils mit unsern Wiederkäuern, teils mit unsern Schweinen Verwandtschaft zeigen, aber nicht als deren Stammeltern betrachtet werden können. Es ist das eine sehr eigentümliche Erscheinung. Aus dem außerordentlichen Überwiegen der wenighufigen über die vielhufigen Typen und deren steter Zunahme in der neuern Zeit kann doch gefolgert werden, daß dieselben im Kampfe ums Dasein bevorzugt sind, daß die Reduktion des Fußbaues bei der Lebensweise dieser Tiere eine nützliche Änderung ist, und es scheint demnach unverständlich, weshalb die geologisch ältern zweizehigen Formen, wie Anoplotherium, Diplopus, Elotherium rc., ausgestorben sind und durch andre ersetzt wurden, die sich aus vielzehigen erst allmählich entwickeln.

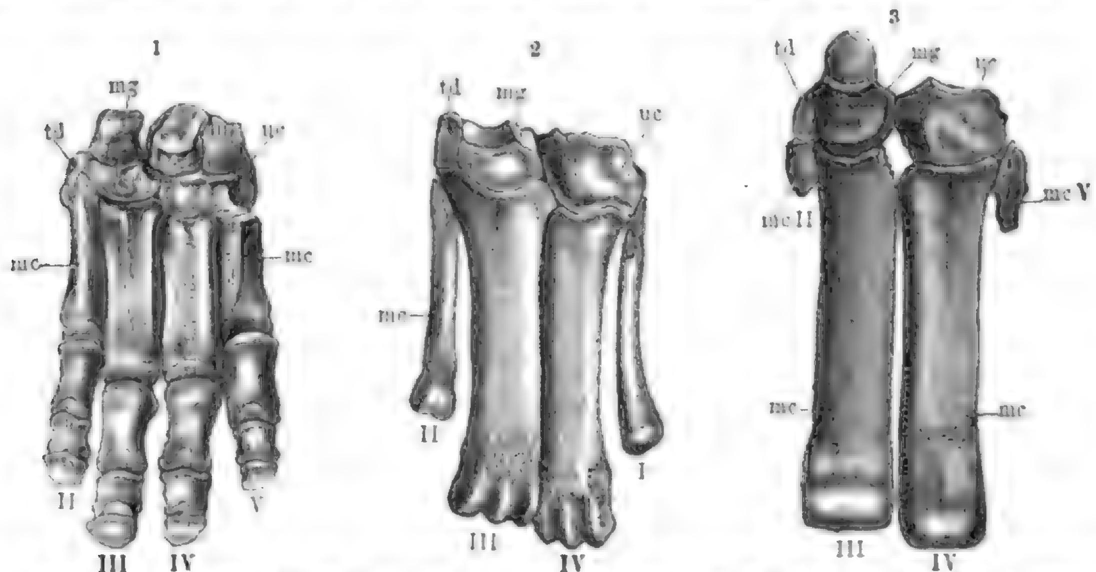
Die Ursache dieser Erscheinung haben uns die scharfsinnigen Untersuchungen von Kowalevsky enthüllt, und wir müssen uns mit denselben vertraut machen, da uns ohne deren Kenntnis der wichtigste Zug in der Geschichte des tertiären Tierlebens, die Entwickelung der Huftiere, unverständlich bleibt. Wir werden uns diese Verhältnisse am besten an einem möglichst einfachen Beispiele klarmachen und wählen hierzu die Gestaltung des Vorderfußes in der Familie der Schweine. Die ältesten Vertreter dieser Abteilung haben vier kräftig entwickelte Zehen, und dieser Typus hat sich beim Flußpferde bis heute ziemlich unverändert erhalten. Im Oligocän treffen wir ein zweizehiges Schwein, Elotherium oder Entelodon, das, ohne Nachkommen zu hinterlassen, ausgestorben ist, und bei dem amerikanischen Pekari, dem vorgeschrittensten Vertreter der Familie in der Jetztzeit, sind zwei kräftig und neben denselben ziemlich schwach entwickelte Reste von zwei weitern Zehen vorhanden.

Betrachten wir nun den Bau der Füße näher, so finden wir folgendes Verhältnis. Bei den fünfzehigen Säugetieren besteht am Vorderfuße oder an der Hand die untere Reihe der Handwurzel aus vier Knochen, von denen der erste (Os trapezium) den Daumen

---

[1] Unter Huftieren im engern Sinne versteht man die Paarhufer und Unpaarhufer, die in der Jetztzeit durch Wiederkäuer, Schweine, Hippopotamus, Rhinozeros, Tapir und Pferd vertreten sind. Huftiere im weitern Sinne sind in der Jetztwelt außerdem noch die Klippdachse, Elefanten und Seekühe.

oder ersten Finger, der zweite (Os trapezoideum) den zweiten Finger, der dritte (Os magnum) den dritten Finger, der vierte (Os unciforme) den vierten und fünften Finger trägt. Bei allen vierzehigen Ungulaten ist der erste Finger oder Daumen verloren gegangen und auch sein Wurzelknochen, das Trapezium, verschwunden oder auf ein schwaches Rudiment reduziert. Das Verhältnis ist hier, wie wir es in der untenstehenden Abbildung der Hand des Flußpferdes (Hippopotamus) sehen, ein derartiges, daß der zweite Finger sich auf das Trapezoideum stützt und sich mit einer Facette an das Magnum anlehnt; der dritte stützt sich auf das Magnum und lehnt sich mit einer Facette an das Unciforme, welches überdies noch den vierten und fünften Finger trägt. Bei eintretender Reduktion des vierzehigen Fußes, wie wir sie hier vor uns haben, gehen die beiden äußern Zehen, die zweite und fünfte, verloren oder werden stark verkleinert, während die dritte und vierte sich vergrößern. Vergleichen wir nun in den untenstehenden Abbildungen von Elotherium und dem



Hände: 1. von Hippopotamus — 2. von Dicotyles — 3. von Elotherium. (Nach Kowalevsky.) Von Hippopotamus ist die ganze Hand gezeichnet, von den beiden andern nur die untere Reihe der Handwurzel und die Mittelhand. Die Bedeutung der Ziffern und Buchstaben ist folgende: II, III, IV, V zweite, dritte, vierte, fünfte Zehe. — mc Mittelhand (Metacarpus). — td os trapezoideum — mg os magnum — uc os unciforme.

Pekari (Dicotyles) die Art und Weise, in welcher dies geschieht, so finden wir einen überaus wichtigen Unterschied. Bei Elotherium ist mit dem zweiten Finger auch der dazu gehörige Handwurzelknochen, das Trapezoideum, reduziert, der dritte Finger verbindet sich mit der Handwurzel genau wie bei Hippopotamus, und selbst der vierte Finger hat das dürftige Rudiment des fünften nicht ganz von der Unterseite des Unciforme abdrängen können. Ganz anders verhält sich die Sache beim Pekari; die dritte Zehe hat sich ausgebreitet und hat von dem Trapezoideum, das sonst als Ansatzstelle des zweiten Fingers dient, Besitz ergriffen, der vierte Finger hat die ganze Unterseite des Unciforme okkupiert, und die noch ziemlich starken Mittelhandknochen des zweiten und fünften Fingers sind vollständig zur Seite gedrängt, sie haben ihre Ansatzstellen an der Unterseite der Handwurzel verloren.

Fassen wir diese Erscheinungen zusammen, so finden wir bei dem ausgestorbenen Elotherium (Entelodon) vollkommene Starrheit und Unveränderlichkeit in der Verbindung zwischen Handwurzel und Finger, bei dem in Fortentwickelung begriffenen Stamme der Schweine, welcher im Pekari kulminiert, sehen wir Beweglichkeit und Anpassungsfähigkeit. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich an beiden Extremitätenpaaren, bei allen den Formengruppen, bei welchen der Gegensatz zwischen Reihen auftritt, welche den Fußbau früh reduzieren, dann aber bald aussterben, und zwischen solchen Reihen, bei welchen die Reduktion später und langsamer eintritt, die sich aber erhalten; überall finden wir, daß bei den

einen, z. B. bei den Anoplotherien, das Verhältnis zwischen den einzelnen Zehen und der Fußwurzel unveränderlich und starr, bei den andern, z. B. bei den Wiederkäuern, veränderlich und anpassungsfähig ist. Ein weiterer Vergleich ergibt nun auch, daß die letztern in der Veränderung des Gebisses und wahrscheinlich, im Zusammenhange damit, auch der Verdauungsorgane sich weit besser neuen Ernährungsverhältnissen anbequemen als die erstern, und in dem Unterschiede in dieser Beziehung liegt auch offenbar der Grund, warum die einen sich erhalten, die andern nicht. Die inadaptiven Gruppen erlöschen, die adaptiven (anpassungsfähigen) überleben.

Wir haben eine Reihe der wichtigsten Merkmale der Säugetiere, Gehirn, Gebiß und Extremitäten, ins Auge gefaßt, wir haben die abweichendsten Formen betrachtet und gefunden, daß bei allen Stämmen der Placentaltiere, deren Entwickelung wir näher kennen, die Unterschiede mehr und mehr verschwinden und sich gewisse gemeinsame Eigentümlichkeiten beim Zurückgehen zu den ältesten Vertretern einstellen, welche es gestatten, auf die Eigentümlichkeiten der mutmaßlichen gemeinsamen Stammform einen Schluß abzuleiten. Für Insektenfresser, Fledermäuse, Huftiere, Elefanten, Raubtiere, Halbaffen, Affen und Menschen werden wir auf einen fünfzehigen Sohlengänger mit 44 Zähnen nach der Formel $\frac{3.1.4.3}{3.1.4.3} = 44$ und mit höckerigen Molaren verwiesen, bei welchem das Gehirn schwach entwickelt, das Großhirn klein und glatt ist und weder die Riechlappen (Lobi olfactorii) noch das Kleinhirn deckt. Wir kennen im ältern Eocän mehrere Formen, welche diesen Anforderungen entsprechen, und da wir unter diesen auch verschiedene Typen finden, welche sich den mit Höckerzähnen versehenen, insektenfressenden Beuteltieren des Jura nähern, so wird es wahrscheinlich, daß wir die Wurzel aller der genannten Abteilungen bei jenen mehrfach erwähnten vielzähnigen Beuteltieren (z. B. Thylacotherium) der mesozoischen Zeit zu suchen haben, deren nächster jetzt lebender Vertreter der australische Myrmecobius ist (s. Abbildung, S. 432). Anders verhält es sich mit den Nagetieren, deren Gebiß stets nur aus je zwei (höchstens vier, beim Hasen) mächtigen, fortwährend wachsenden Schneidezähnen oben und unten und aus einer beschränkten Zahl von Backenzähnen besteht. Wohl ist auch hier der Höckerzahn der ursprüngliche Typus, und einzelne Bindeglieder scheinen die Nager im Eocän den andern Placentaltieren etwas zu nähern; im allgemeinen aber stehen sie doch schon im ältesten Tertiär so durchaus selbständig da, daß wir sie als einen eigenberechtigten Stamm betrachten müssen.

Im ältesten Eocän von Nordamerika, das uns allein von der damaligen Säugetierfauna einen richtigen Begriff geben kann, finden wir, wie erwähnt, vielfache gut erhaltene Reste mit einer bedeutenden Anzahl wichtiger Merkmale, wie wir sie an dem gemeinsamen Stammvater der zahlreichen oben genannten Gruppen voraussetzen müssen; allein es wäre durchaus falsch, wenn wir annehmen wollten, daß sich unter ihnen diese Stammform auch wirklich befind. Selbst unter diesen eocänen Typen tritt uns schon eine sehr bedeutende Mannigfaltigkeit entgegen, und sie tragen gewisse Spezialcharaktere an sich, welche die einen als Glieder der Reihe der Insektenfresser, die andern als solche der Halbaffen, der Raubtiere, der Huftiere 2c. erkennen lassen, und namentlich sind huf- und krallentragende Abteilungen (Ungulaten und Unguikulaten) schon ganz getrennt. Außerdem aber begegnen wir im ältesten Eocän auch schon weit stärker spezialisierten Formen, der Stamm der Schweine, der Unpaarhufer 2c. tritt uns schon ausgebildet entgegen. Die Scheidung aller dieser verschiedenen Abteilungen muß also in einer frühern Zeit stattgefunden haben. Wenn wir einmal die Säugetierfauna der Kreideformation kennen werden, dann dürfen wir hoffen, den Ursprung aller dieser Tiere aus einer gemeinsamen Wurzel näher verfolgen zu können. Die generalisierten Formen des ältern Eocän sind nur verhältnismäßig wenig veränderte

Nachkommen jener hypothetischen Stammformen, sie sind aber doch für uns von allergrößtem Werte, weil sie uns beweisen, daß solche Tiere, wie sie theoretisch vorausgesetzt werden müssen, in alter Zeit auch wirklich existiert haben. In der That liegt hier der merkwürdige Fall vor, daß aus den gemeinsamen Eigentümlichkeiten verschiedener Formenreihen theoretisch die wahrscheinliche Beschaffenheit des gemeinsamen Stammvaters abgeleitet wurde, und daß spätere Funde dann die wirkliche Existenz eines solchen Tieres bestätigten. Im Jahre 1874, als noch kein Ungulate (im engern Sinne, mit Ausschluß der Elefanten) mit

Ameisenbeutler (Myrmecobius faciatus). $^1/_3$ natürl. Größe. Vgl. Text; S. 431.

fünf Zehen bekannt war, erklärte der amerikanische Paläontolog Cope auf Grund seiner Untersuchungen, daß der gemeinsame Stammvater aller Ungulaten ein fünfzehiges Tier mit Höckerzähnen gewesen sein müsse, eine Auffassung, die insofern neu war, als man bis dahin den Jochzahn als den Urtypus des Huftierzahnes betrachtet hatte, und zehn Jahre später erlebte Cope die Befriedigung, selbst in der Gattung Phenacodus eine Form nachweisen zu können, welche seine Voraussage aufs glänzendste bestätigte. Dieser Erfolg fällt außerordentlich schwer zu gunsten der Abstammungslehre ins Gewicht und spricht in hohem Grade für die Verläßlichkeit der Resultate, welche dem genauen vergleichenden Studium der Fossilreste in dieser Richtung zukommt.

Digitized by Google

Nageltiere (Unguikulaten).

Einer der wichtigsten Stämme der Placentaltiere ist derjenige der Unguikulaten oder Nageltiere[1], welche in ihren ursprünglichsten Vertretern durch wohl entwickeltes Gebiß mit 44 Zähnen ausgestattet sind. Die Backenzähne sind spitzhöckerig, der Gelenkkopf des Unterkiefers besteht aus einer quer verlängerten Rolle, welche genau in eine ebenso geformte Grube des Schädels paßt, so daß nur eine senkrechte Auf- und Abbewegung des Unterkiefers, keine Vorschiebung, wie bei den Nagetieren, und keine seitlich malmende Bewegung, wie z. B. bei den Wiederkäuern, möglich ist. Die Finger oder Zehen sind mit Krallen oder Nägeln bewehrt.

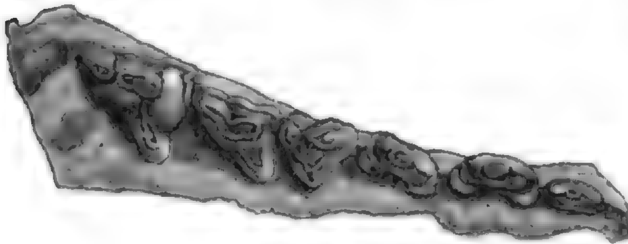
Hierher gehören zunächst die Insektenfresser, ferner die ausgestorbene Gruppe der den Raubtieren sehr nahe stehenden Kreodonten sowie die Halbaffen oder Lemuren, und zu ihnen gesellt sich noch die im Eocän Amerikas, seltener in Europa auftretende Gruppe der Mesodonten, welche kaum durch selbständige Merkmale hinreichend charakterisiert werden kann, sondern vorwiegend alte Mischtypen umfaßt, die noch nicht genau bekannt sind, aber vielfach Charaktere von Halbaffen und Insektenfressern in sich zu vereinigen scheinen. Außer diesen tiefer stehenden Abteilungen müssen wir dann noch deren höher entwickelte oder wenigstens stärker differenzierte Nachkommen, nämlich Fledermäuse, Raubtiere (und Seehunde) und Primaten (Affen und Mensch), zu den Unguikulaten rechnen. Die Insektenfresser sind kleine Sohlengänger, welche namentlich durch spitzhöckerige, drei- oder vierzackige Form der Backenzähne und ungleiche Höhe der Zacken an denselben ausgezeichnet sind; die Schneidezähne sind meist an Zahl reduziert, die Eckzähne klein. Spitzmäuse, Maulwürfe und Igel, ferner die auf Madagaskar und Westindien lebenden Borstenigel (Centetes) sind heute die wesentlichsten Vertreter dieser Abteilung, die auch fossil durch eine Anzahl von Arten vertreten ist, ohne irgendwo größere Bedeutung zu erlangen. Von Interesse sind dieselben nur darum, weil sie, abgesehen von der Reduktion der Schneidezähne, wohl unter allen jetzt lebenden placentalen Säugetieren den ursprünglichsten Typus darstellen und auch den insektenfressenden Beuteltieren, die wir als die mutmaßlichen Ahnen der höhern Säugetiere kennen gelernt haben, am nächsten stehen, sowohl in der Form der Zähne als im allgemeinen Habitus; und auch abgesehen von diesen Merkmalen, welche etwa auf übereinstimmende Anpassung an dieselbe Lebensweise gedeutet werden könnten, treten bedeutungsvolle Anklänge hervor, wie z. B. der zweite Halswirbel eines Igels dem einer Beutelratte in seiner sehr abweichenden Gestaltung auffallend ähnlich ist. Als ein Zweig, der sich frühzeitig von den Insektenfressern abgesondert hat, sind die Fledermäuse zu betrachten, die schon in ältern Tertiärbildungen erscheinen, ohne jedoch paläontologisch oder geologisch bedeutenderes Interesse zu bieten.

Von ungleich größerer Wichtigkeit ist der große Stamm der fleischfressenden Tiere, welcher durch die Anpassung des Gebisses in charakteristischer Weise ausgezeichnet ist. Bei den geologisch jüngern Formen, den Raubtieren (Karnivoren) im engern Sinne, ist besonders ein Zahn in jedem Kiefer, der Fleischzahn oder Reißzahn, durch seine mehr oder weniger scharf schneidende Krone dem Geschäfte der Zerschneidung des Fleisches gewidmet (s. oben, S. 428), während bei geologisch ältern Formen die Gliederung in Reißzahn und Kauzähne noch nicht streng durchgeführt ist und mehrere Molaren ähnlich gestaltet und reißzahnförmig sind. Diese letztere, ältere Gruppe, die Kreodonten, ist nicht nur in diesem einen Merkmale von den jetzigen Raubtieren unterschieden, sondern es finden sich, wenigstens bei den typischen Vertretern,

[1] Cope hat für eine annähernd ähnliche Gruppe den Namen der Bunotherien vorgeschlagen, dieser Abteilung aber einerseits einige durchaus fremdartige Elemente (Täniodonten, Tillodonten) beigemischt, anderseits die höher entwickelten Typen, namentlich Raubtiere, Affen und Menschen, ausgeschlossen. Die Annahme dieser Gruppe der Bunotherien scheint in keiner Weise gerechtfertigt.

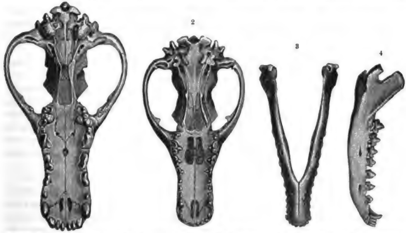
auch noch andre Unterschiede: die Kreodonten haben der Mehrzahl nach weniger Schneidezähne im Unterkiefer, das Gehirn ist auf niedrigerer Entwickelungsstufe, und auch in der Bildung der Handwurzel lassen sich namhafte Abweichungen erkennen (Scaphoideum und Lunatum sind bei den Kreodonten in der Regel nicht verwachsen). In der allgemeinen Erscheinung werden sich die Kreodonten nicht sehr stark von unsern Raubtieren unterschieden haben. Sie waren Sohlengänger, durchgängig ziemlich niedrig gestellt, an Größe konnten einzelne mit dem Löwen wetteifern, während andre in dieser Beziehung ein Wiesel nicht übertrafen. Der Schärfe der Zähne nach zu urteilen, waren sie großenteils wilde, gierige Räuber, während andre, z. B. Pterodon, wie die plumpe, oben abgenutzte Form ihrer Lückenzähne beweist, wesentlich Knochen zerbissen und sich in ihrer Lebensweise den Hyänen genähert haben mögen. Hyaenodon, Pterodon (s. untenstehende Abbildung), Arctocyon, Proviverra sind einige der wichtigsten Formen dieser Abteilung des Tertiär in Europa, außer denen neuerdings eine noch weit größere Zahl von Arten und Gattungen aus Nordamerika bekannt geworden ist.

Keiner von allen den Unterschieden, welche zwischen den alten Kreodonten und den Raubtieren angeführt werden, ist ein durchgreifender. Bei den jüngern Kreodonten ist das Gehirn schon etwas höher entwickelt, einzelne aus dieser Familie zeigen schon die Verwachsung von Mond- und Kahnbein, selten allerdings kommt auch die volle Zahl von drei Schneidezähnen vor, und endlich finden sich auch in der Differenzierung von Fleisch- und Kauzähnen, dem praktisch wichtigsten Merkmale, Übergänge. Namentlich die tertiären Gattungen Cynodon und Palaeonictis stellen sich, wie Gaudry gezeigt hat, in dieser Beziehung als Bindeglieder ein, und ein solches findet sich auch noch jetzt lebend auf der überhaupt durch den altertümlichen Charakter ihrer Säugetierbevölkerung ausgezeichneten Insel Madagaskar in dem den Zibetkatzen ähnlichen Eupleres, einem kleinen Tiere mit zwei zu Fleischzähnen ausgebildeten Molaren im Oberkiefer. Diese nahen Beziehungen zwischen Raubtieren und Kreodonten machen es sehr wahrscheinlich, daß die erstern von den letztern abstammen; allein es ist noch nicht möglich, anzugeben, in welcher Weise diese Entwickelung stattgefunden hat; ja, gerade manche Kreodontenformen, welche bisweilen als die Ahnen dieser oder jener Raubtierfamilie genannt werden, müssen, wie Schlosser bemerkt, diesen Anspruch aufgeben, da sie weniger Schneidezähne haben als ihre mutmaßlichen Nachkommen. Durch manche Merkmale, in welchen sich die Kreodonten von den Raubtieren entfernen, nähern sie sich andern Säugetiergruppen, und namentlich finden wir große Verwandtschaft zu den Insektenfressern und zu gewissen Beuteltieren. Bezüglich der erstern Abteilung geht das so weit und sind die Übergänge so vollständig, daß eine Grenze kaum gezogen werden kann; ja, in neuerer Zeit hat man, allerdings mit Unrecht, versucht, die Maulwürfe und Borstenigel (Centetes) zu den Kreodonten zu stellen, dagegen von den letztern Arctocyon und seine Verwandten zu trennen und sie bei den Insektenfressern unterzubringen.


Gebiß von Pterodon.

Noch merkwürdiger sind die Beziehungen zu den Beuteltieren. Wir kennen in der Jetztwelt innerhalb dieser letztern Ordnung eine Anzahl von Formen, welche ebenso wie Raubtiere und Kreodonten ein speziell für die Zerkleinerung des Fleisches höherer Tiere eingerichtetes Gebiß besitzen. Das ausgezeichnetste Beispiel dieser Abteilung bildet der auf Tasmanien vorkommende Beutelwolf (Thylacinus), der in seiner ganzen Tracht einem kleinen Wolfe gleicht und wie dieser ein Zehengänger ist; auch in der Bildung des Schädels ist die Ähnlichkeit

groß, und bei flüchtiger Ansicht erinnert sogar das Gebiß des Thylacinus an das eines Hundes (s. untenstehende Abbildung). Allein bei näherer Betrachtung zeigt es sich, daß, abgesehen von der großen Zahl der Schneidezähne, das Gebiß vollständig den Kreodontentypus zeigt; die Molaren zeigen gleiche Entwickelung und den Fleischzahnbau, so daß nach ihrer Form nicht der geringste Unterschied gegen jene Abteilung zu erkennen ist. Auch in andern Merkmalen nähern sich die Kreodonten den Beuteltieren, die großen Gaumenlöcher der letztern und die Ausbildung des Knochenkammes auf der Schädeldecke kehren bei Arctocyon wieder, der zweite Halswirbel von Hyaenodon gleicht demjenigen einer Beutelratte (oder eines Igels), und so sehen wir eine Reihe von Anklängen an die Beuteltiere, so daß die Kreodonten von manchen tüchtigen Paläontologen bei diesen eingereiht wurden. Allerdings geht das



1. Schädel eines Wolfes von unten. — 2. Schädel eines Beutelwolfes von unten. — 3., 4. Unterkiefer eines Beutelwolfes von unten und von der Seite.

viel zu weit: es sind sehr bestimmte Unterschiede zwischen beiden vorhanden, und Übergänge, wie sie die Kreodonten mit den Insektenfressern und bis zu einem gewissen Grade mit den Raubtieren verbinden, fehlen. Vor allem ist der Unterkiefer der Kreodonten an der untern Ecke nicht nach innen eingebogen, und auch der Zahnwechsel geschieht in ganz andrer Weise: während bei den Beuteltieren nur ein Prämolar gewechselt wird, scheint das bei den Kreodonten mit allen Prämolaren der Fall zu sein.

Für das ganze Verständnis der Entwickelung der Säugetiere ist keine Frage wichtiger als die nach den Beziehungen der verschiedenen hier genannten Gruppen zu einander. In der Jetztwelt bilden fleischfressende und insektenfressende Beuteltiere zwei Gruppen, die in ihren typischen Vertretern gut charakterisiert, aber durch Zwischenformen so miteinander verbunden sind, daß eine scharfe Trennung nicht möglich ist. In demselben Verhältnisse standen in der Eocänzeit die placentalen Insektenfresser und die Kreodonten, während später die Abkömmlinge sehr gründlich voneinander geschieden sind; was also die Differenzierung des fleischfressenden und des insektenfressenden Zweiges anlangt, sind die Beuteltiere auf dem Punkte zurückgeblieben, der bei den Placentaltieren in der ersten Zeit der Tertiärformation herrschte. Sonst aber sehen wir in dieser Beziehung in den beiden großen Abteilungen parallele, gleichartige Entwickelung, und es ist nun die Frage zu beantworten, ob die

Digitized by Google

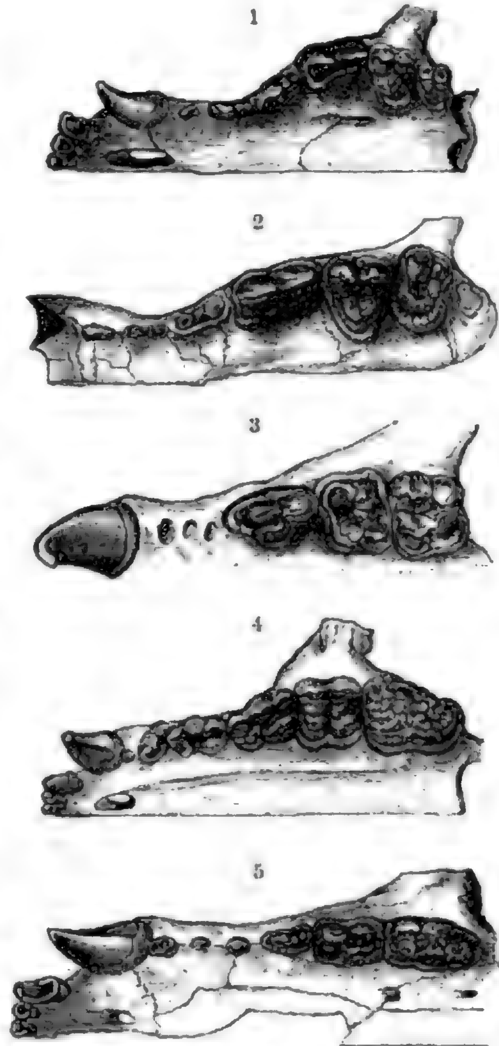
Ähnlichkeit zwischen der placentalen und der marsupialen Reihe nur äußerlich und durch die Anpassung an dieselbe Lebensweise hervorgebracht ist, oder ob wirkliche Stammverwandtschaft besteht. Für die letztere Annahme spricht der Umstand, daß bei den ältern Kreodonten verschiedene Beuteltiermerkmale auftreten, die mit der Anpassung an die Fleischnahrung in keiner Weise zusammenhängen. Darüber aber, daß die Beuteltiere den ursprünglichern Typus darstellen, kann nach der größern Zahl ihrer Zähne und ihrer allgemein niedrigern Organisation kein Zweifel sein, um so mehr, als wir ja aus vortertiärer Zeit, aus Trias und Jura, zahlreiche insektenfressende Beuteltiere kennen; ebenso ist es sicher, daß der Fleischfressertypus sich aus dem des Insektenfressers entwickelt hat und nicht umgekehrt. Und so können wir also Insektenfresser und Kreodonten und daher mittelbar auch die Raubtiere auf die insektenfressenden Beuteltiere zurückführen. Dagegen bleibt eine Frage heute noch ungelöst, ob nämlich die Spaltung in fleischfressenden und insektenfressenden Typus älter oder jünger ist als die Trennung von Beuteltieren und Placentaltieren; Aufschluß darüber wird wohl erst zu erhalten sein, wenn einmal die Säugetierfauna der Kreidezeit bekannt sein wird.

Wir wenden uns zu den echten Raubtieren, welche in der Regel in folgende Familien eingeteilt werden: Hunde, Bären, Marder, Zibetkatzen (Viverren), Hyänen und Katzen. Unter diesen stellen jedenfalls die beiden erstgenannten, die Hunde und die Bären, die ursprünglichsten Typen dar, wie schon aus der großen Zahl von Zähnen (42), durch die sie alle übrigen Raubtiere übertreffen, hervorgeht. Es scheint, daß in der Bildung des Gebisses die Hunde weniger abgeändert sind, während die Bären als Sohlengänger den Vorfahren in der Fußbildung näher stehen; noch primitiver erscheint jedoch ein großes Raubtier, das in den miocänen Ablagerungen von Europa und Nordamerika auftritt und den Namen Amphicyon erhalten hat. Bei den Hunden ist wie bei den Bären die Zahnformel $\frac{3.1.4.2}{3.1.4.3} = 42$, wobei, wie bei allen Raubtieren, der letzte Prämolar des Oberkiefers und der erste Molar des Unterkiefers als Fleischzähne entwickelt sind; bei Amphicyon dagegen findet sich ein Oberkiefermolar mehr, es ist also hier die bei den ursprünglichern Formen der Nageltiere wie der Huftiere so verbreitete Zahl von 44 Zähnen vorhanden. In der Form der einzelnen Zähne steht Amphicyon den Hunden sehr nahe, so daß eine Unterscheidung bei vereinzelten Vorkommnissen oft große Schwierigkeiten bietet, doch weichen die Kauzähne von Amphicyon von denjenigen der hundeartigen Tiere durch viel erheblichere Größe und massigere Form ab und nähern sich dadurch denjenigen der Bären; in der That haben wir es hier mit einer Stammform zu thun, aus der sich einerseits die Bären, anderseits die Hunde entwickelt haben, oder wenigstens mit einem dieser sehr nahe stehenden Typus.

Die Bären oder Ursiden sind höchst merkwürdige Formen, weil sie uns zeigen, wie ein für eine bestimmte Lebensweise angepaßtes Gebiß durch Änderung der Nahrung in der eigentümlichsten Weise umgestaltet wird. Die Bären haben bekanntlich die reine Fleischkost verlassen und nähren sich großenteils von Pflanzenstoffen, und damit verlieren die Zähne ihre schneidende Beschaffenheit, die Kauzähne nehmen riesig an Größe zu und bedecken sich auf der Oberfläche mit zahlreichen kleinen Höckern und Warzen, die ihnen ein außerordentlich charakteristisches Gepräge geben; der Fleischzahn wird kleiner und zum Schneiden unbrauchbar. Da die Bären gleich Amphicyon Sohlengänger sind, so beschränken sich die Änderungen wesentlich auf das Gebiß; wie Gaudry gezeigt hat, dem wir überhaupt sehr wertvolle Untersuchungen über die Abstammungsverhältnisse der Raubtiere verdanken, bilden die im Miocän und Pliocän vorkommende Gattung Hyaenarctos (s. Abbildung, S. 437, Fig. 3) und der jetzt im südlichen China lebende Aëluropus (Fig. 4) einen vollständigen lückenlosen Übergang; im obern Pliocän tritt uns der älteste echte Bär entgegen, und in der

Diluvialzeit ist wenigstens in Europa diese Gattung die häufigste unter allen Raubtieren. An den Bären- und Hundestamm schließen sich nach der Form der obern Molaren vermutlich auch die Marder an.

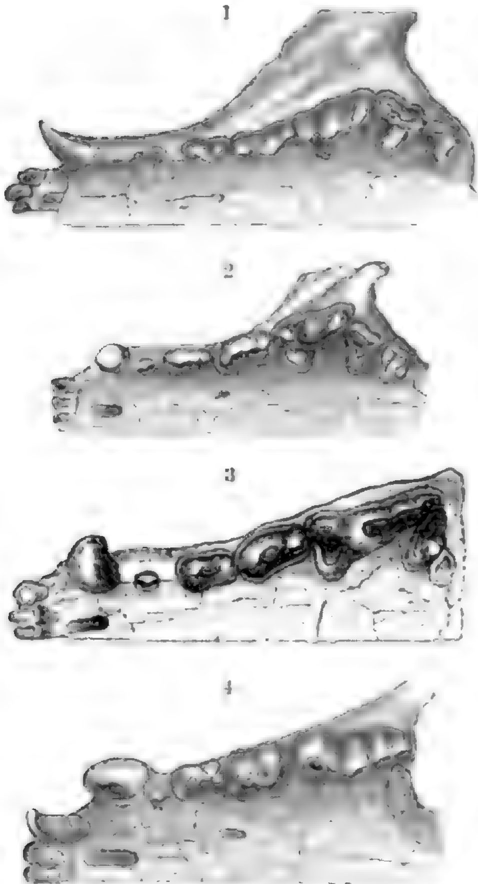
Eine Gruppe von altertümlichem Charakter und von größter Wichtigkeit als Ausgangspunkt für die noch übrigen Raubtiere bilden die Zibetkatzen oder Viverren, kleine Formen, teils Sohlengänger, teils Zehengänger, die sich von den Hunden durch schärfer schneidendes Gebiß und durch das Fehlen des zweiten Kauzahnes im Oberkiefer unterscheiden. Hier bietet die oligocäne Gattung Cynodon Bindeglieder, doch ist es nicht wahrscheinlich, daß die Viverren von den Hunden abstammen. Wie wir oben gesehen haben, zeigt Cynodon im Gebisse noch deutliche Anklänge an die Kreodonten, und da solche auch bei dem mit den Viverren nahe verwandten, auf Madagaskar lebenden Eupleres vorhanden sind, so müssen wir annehmen, daß die Trennung beider Abteilungen voneinander schon in früher Zeit stattfand, und daß sie vermutlich von zwei nahe verwandten, aber bereits voneinander geschiedenen Kreodontentypen abstammen; wir kennen auch wirklich eine Anzahl den Viverren nahestehender Gattungen unter den Kreodonten, wie Proviverra, Oxyaena, Didymictis ꝛc., unter welchen sich bei eingehenderer Untersuchung vermutlich die Stammform finden wird.



Oberkiefer von 1. Wolf — 2. Amphicyon — 3. Hyaenarctos — 4. Aëluropus — 5. Ursus (Bär). (Nach Gaudry.) Vgl. Text, S. 436.

Die Hyänen sind bekanntlich Aasfresser, und sie zermalmen und verschlingen Knochen mit Hilfe ihres furchtbaren Gebisses; die Einrichtung der Zähne zu diesem Gebrauche ist eine eigentümliche, und es ist von Interesse, sie mit derjenigen zu vergleichen, die bei den Hunden demselben Zwecke dient. Will ein Hund einen Knochen zerbeißen, so schiebt er ihn in den hintersten Teil des Rachens zwischen die breiten, kräftigen Kauzähne. Ganz anders bei den Hyänen. Bei den Viverriden, von denen sie abstammen, sind die Kauzähne schon zur Zerbrechung der Knochen zu schwach entwickelt, und als demnach diese Tiere eine andre Lebensweise einschlugen, mußten andre Teile des Gebisses diesen Dienst verrichten. Hierzu eigneten sich die namentlich bei den ältern Viverren noch sehr kräftig entwickelten Prämolaren oder Lückenzähne, und in der That sind diese bei den Hyänen in der Weise umgestaltet, daß die Hauptspitze einen überaus kräftigen, plumpen Kegel bildet und auch die Eckzähne eine sehr gedrungene Form annehmen. Die Art und Weise der Verwendung der Prämolaren kommt auch darin zum Ausdrucke, daß sich ihre Spitzen abstumpfen und an ihrer Stelle nun eine breite, kreisförmige Oberfläche auftritt, die mit der breiten Hinterseite eines Hammers verglichen worden ist und den Prämolaren der Hyänen den Namen Hammerzähne verschafft hat. Hand in Hand damit geht eine sehr starke Reduktion der nun vollständig überflüssigen Kauzähne, diejenigen des Unterkiefers verschwinden ganz, im Oberkiefer bleibt ein kleiner, schwacher Molar zurück, der Fleischzahn entwickelt sich sehr stark und wird außerordentlich scharf und schneidend.

Die Unterschiede gegen die Viverren bestehen demnach in Bezug auf das Gebiß darin, daß ein Kauzahn oben und unten verschwindet und die erwähnte Umbildung der Lückenzähne und des Fleischzahnes stattfindet, außerdem haben die Hyänen eine Zehe an den Hinterfüßen weniger. In allen diesen Beziehungen stellen die im Miocän und im untersten Pliocän auftretenden Gattungen Ictitherium und Hyaenictis (s. untenstehende Abbildung), wie Gaudry gezeigt hat, so vollständige Übergänge dar, als man sie nur erwarten kann. Schon im untern Pliocän kommen echte Hyänen vor, und ihr Gebiß verrät, daß sie dieselbe Lebensweise führten wie ihre heutigen Nachkommen. Vor allem aber werden sie im Diluvium sehr häufig und sind hier nach dem Höhlenbären die wichtigsten Vertreter der Raubtiere.



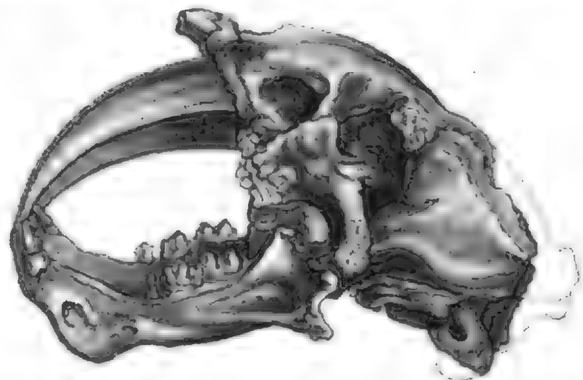
Oberkiefergebiß von 1. Ictitherium Orbignyi — 2. Ictitherium robustum — 3. Ictitherium hipparionum — 4. Hyaena eximia. (Nach Gaudry.)

Waren die Zähne der Hyänen trefflich für das Zermalmen der Knochen eingerichtet, so finden wir das Gebiß der katzenartigen Tiere in der vollkommensten Weise der reinen Fleischnahrung angepaßt. Hier ist alles schneidige Schärfe, der Fleischzahn aufs äußerste entwickelt, und die Lücken- und Kauzähne treten stark zurück. Abgesehen von den Schneide- und Eckzähnen, stehen im Ober- und Unterkiefer je zwei Lückenzähne vor dem Fleischzahne, hinter diesem ist nur im Oberkiefer ein kleiner Kauzahn vorhanden. Entsprechend dieser Verminderung der Zähne, sind auch die Kiefer verkürzt, wodurch die gedrungene Form des Kopfes bei den verschiedenen katzenartigen Tieren bedingt wird.

Den Katzen stehen die Marder und Hyänen in der Zahl der Zähne am nächsten, nicht aber in deren Form; die mehr plump höckerige Gestalt der Marderzähne entfernt sich von dem scharf schneidenden Typus bei den Katzen, und noch weniger gemein mit diesen hat das Gebiß der Hyänen mit seinen massigen Hammerzähnen. Dagegen haben die Viverren in dieser Beziehung weit mehr Ähnlichkeit mit den Katzen, aber allerdings herrscht in der Zahl der Zähne eine größere Verschiedenheit, indem die erstern im Oberkiefer einen Lücken- und einen Kauzahn, im Unterkiefer zwei Lücken- und einen Kauzahn mehr haben als diese. Allein so groß auch diese Differenz zu sein scheint, so wird sie doch durch das Vorhandensein zahlreicher Zwischenformen überbrückt. Noch in der Jetztwelt existiert eine solche Form in der auf Madagaskar lebenden Gattung Cryptoprocta, welche einen Lückenzahn mehr hat als die Katzen und darin wie überhaupt in den meisten Merkmalen mit der tertiären Gattung Pseudaëlurus übereinstimmt. Im Oligocän und Miocän finden sich zahlreiche Formen, die sich einerseits an die Viverren, anderseits an die Katzen anschließen, und sie bilden namentlich in Nordamerika das hervorragendste Element in der Raubtierfauna der dem obern Oligocän und vielleicht auch dem untersten Miocän entsprechenden White River-Gruppe. Diese Formen, welche von Cope unter dem Namen Nimraviden zusammengefaßt worden sind, sind zum Teile mächtige Tiere mit furchtbar bewehrtem Gebisse, die sich mit der Gattung Proaëlurus an die Viverren anschließen; von da bilden dann Archaëlurus und Dinictis Zwischenglieder bis zu Pseudaëlurus und endlich den Katzen. Auch unter den Nimraviden Amerikas finden sich Gattungen, die in der Bezahnung schon

ganz mit den Katzen übereinstimmen und sich von diesen nur durch untergeordnete Merkmale in der Schädelbildung unterscheiden, deren Wert wohl überschätzt worden ist. In Europa erscheinen die ersten Katzen im Miocän; starke Entwickelung finden sie dann im Pliocän, wo namentlich zahlreiche pantherartige Tiere nachgewiesen sind, während eine dem Löwen nahestehende Form in der Diluvialzeit zwar nicht häufig, aber als der gewaltigste Raubtiertypus in Europa auftritt.

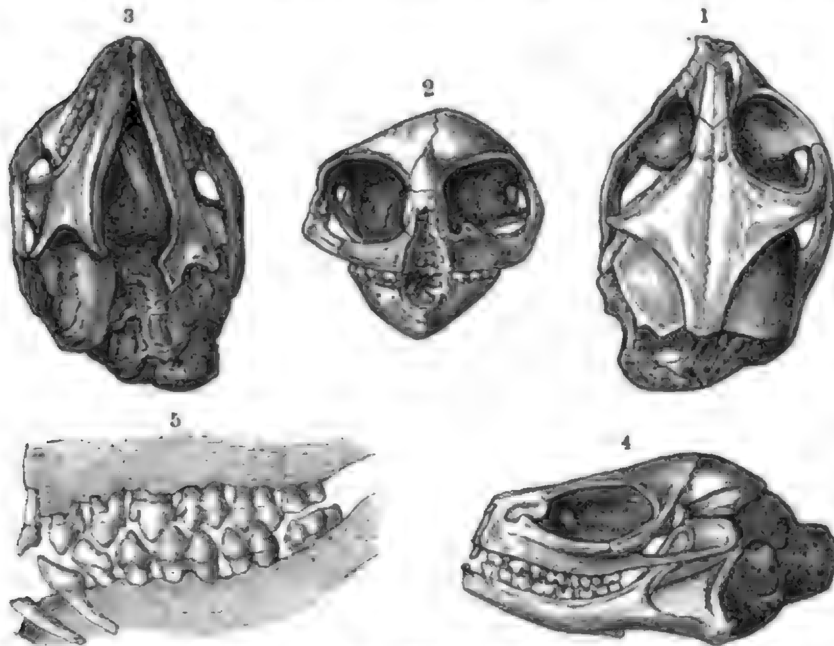
Die Katzen stellen zwar in der Jetztwelt die höchst entwickelten Typen der ganzen Ordnung der Raubtiere dar, aber in der Vorzeit existierte in den Machairodonten oder Messerzähnern ein Typus, der sich in enger Verbindung mit jenen entwickelt hat und sie in der Ausbildung des Gebisses noch bei weitem übertraf. Ein Merkmal dieser mehrere Gattungen umfassenden Abteilung liegt in der Form des Unterkiefers, dessen Vorderteil nicht in allmählicher Rundung, sondern mit einer stumpfen Kante in die Seiten verläuft; dazu gesellt sich bei den höhern Formen eine ganz enorme Entwickelung der Eckzähne des Oberkiefers, die scharf schneidend und an den Rändern gekerbt sind und wie zwei mächtige Dolche herabhängen. Auch die Fleischzähne sind noch stärker ausgebildet als bei den Katzen, während der Kauzahn des Oberkiefers verschwunden ist. Kein Raubtier, das je existiert hat, kann sich mit Machairodus in der Furchtbarkeit der Bewaffnung messen; schon die typischen Arten, welche in Europa im Pliocän und vereinzelt noch in diluvialen Ablagerungen auftreten, sind jedem Löwen oder Tiger weit überlegen, vor allem aber ist der Smilodon des südamerikanischen Diluvium durch die enorme Entwickelung seiner Eckzähne ausgezeichnet (s. nebenstehende Abbildung). Es ist schwer zu verstehen, wie es kommt, daß diese gewaltigen Tiere ausgestorben sind, während die weit weniger wehrhaften Löwen, Tiger und Panther noch heute leben. Das Pliocän und Diluvium war in allen Ländern, die wir kennen, durch die große Anzahl riesiger pflanzenfressender Tiere, Mastodonten, Elefanten, Dinotherien, Nashörner, Elasmotherien, Nilpferde, Giraffen, Helladotherien in Europa, durch die Megatherien, durch Mylodon, Megalonyx, Mastodon und andre in Amerika, ausgezeichnet. Man wird es für wahrscheinlich halten, daß die Machairodus-Arten sich diese Riesen als Beute wählten, die sie vielleicht truppweise angriffen und mit ihren grimmigen Eckzähnen zerfleischten, denn für die kleinern Wiederkäuer, Pferde oder andre schwächere Tiere, wäre eine so enorme Entwickelung der Eckzähne kaum von besonderm Vorteile gewesen. Mit dem Ende der Diluvialzeit sterben in Europa und Amerika die riesigen Pflanzenfresser aus, und man könnte sich daher erklären, daß auch die Machairodonten mit den Beutetieren, auf deren Bewältigung sie angepaßt waren, aus diesen Gegenden verschwanden. Aber dann sollte man erwarten, sie noch heute in der äthiopischen und indischen Region zu finden, und namentlich Südafrika mit seinem bedeutenden Reichtume an großen Säugetieren wäre der geeignetste Tummelplatz für diese streitbaren Räuber. Aber das Rhinozeros, der Elefant und das Flußpferd werden heute durch keinen ihnen ebenbürtigen Gegner bedroht, und das Verschwinden von Machairodus aus diesen Regionen bildet für uns ein unlösbares Rätsel.


Schädel von Machairodus (Smilodon) neogaeus, aus dem südamerikanischen Diluvium.

An die Raubtiere werden in der Regel die Seehunde oder Robben (Pinnipedier) angeschlossen, die in der That, was Gebiß und Nahrung anbelangt, mit jenen eine so auffallende Übereinstimmung zeigen, daß an einem Zusammenhange kaum gezweifelt werden

kann. Die Körperform ist allerdings durch den Aufenthalt im Wasser sehr bedeutend abgeändert, der Leib ist spindelförmig, die Füße zu Ruderflossen ausgebildet, und auch im Schädelbaue und in der Bezahnung sind die Abweichungen so bedeutend, daß wir nicht im stande sind, anzugeben, von welcher Abteilung der Raubtiere sie abstammen mögen. Geologisch spielen die Seehunde keine sehr große Rolle; etwas häufiger treten sie nur im obersten Miocän Ost- und in den Pliocänablagerungen Nordeuropas auf.

Die Insektenfresser und die ihnen verwandten kleinen Formen der Eocänzeit bilden den Ausgangspunkt, von dem sich die große Abteilung der Raubtiere entwickelt. Wir kehren zu diesem Punkte zurück, um eine zweite sehr wichtige, wenn auch weit weniger umfangreiche Formengruppe zu verfolgen, welche sich hier anschließt. In der Jetztwelt finden wir die Halbaffen oder Lemuren, eine Abteilung kleiner Tiere, welche den Insektenfressern sehr nahe stehen und sich von ihnen namentlich dadurch, daß die einzelnen Zacken der Backenzähne alle gleich hoch sind, sowie durch die Bildung der Extremitäten unterscheiden. An den Händen und Füßen besitzen nämlich die Lemuren opponierbare Daumen, welche den übrigen Fingern entgegengestellt werden können und mit ihnen eine Greifhand bilden, wie sie an der Vorderextremität des Menschen und an allen vieren bei den Affen vorhanden ist. Schon im ältesten Eocän von Amerika und ebenso im Oligocän in Europa finden sich nun Reste von Tieren, welche in der Bezahnung und im Schädelbaue vollständig mit den jetzt lebenden Lemuren übereinstimmen, und wir können nicht daran zweifeln, daß sie auch gleich diesen entgegenstellbare Daumen hatten; solche Formen sind Necrolemur aus den oligocänen Phosphoritlagern von Quercy in Frankreich (s. obenstehende Abbildung), Mixodectes, Anaptomorphus und mehrere andre aus dem amerikanischen Eocän, und von vielen Autoren wird auch die im Gipse des Montmartre auftretende Gattung Adapis hierher gerechnet. Übrigens hängen auch diese Typen mit den Insektenfressern durch Zwischenformen so innig zusammen, daß eine scharfe Trennung nicht möglich ist. In jüngern als oligocänen Ablagerungen sind Lemuren weder in Europa noch in Amerika bisher gefunden worden, sie verschwinden aus diesen Gebieten für immer und haben sich nur in einer ganz bestimmten Region bis auf den heutigen Tag erhalten. Die stärkste Entfaltung finden sie heute auf Madagaskar, dessen Bevölkerung wir schon mehrfach als eine sehr altertümliche kennen gelernt haben. Die dortigen Raubtiergattungen Cryptoprocta und Eupleres finden in Europa ihre nächsten Verwandten im obern Oligocän oder im Miocän, und dasselbe gilt von der eigentümlichen, heute nur auf Madagaskar und den westindischen Inseln auftretenden Insektenfresserfamilie der Centetiden oder Borstenigel. Betrachten wir die übrigen Säugetiere von Madagaskar, so finden wir dort noch einige der Insel



Schädel von Necrolemur, einem fossilen Halbaffen aus den Phosphoriten von Quercy in Frankreich. 1. Von oben, 2. von vorn, 3. von unten, 4. von der Seite — 5. Gebiß, vergrößert.

eigentümliche Gattungen von Viverren, also auch geologisch alte Typen, einige indifferente Formen, wie Mäuse, Spitzmäuse und Fledermäuse, und ein eigentümliches Schwein, Potamochoerus, das auch Südafrika bewohnt. Dazu ist endlich noch eine Art von Flußpferd zu rechnen, welche zwar nicht mehr lebend dort auftritt, aber in ganz jungen Ablagerungen fossil vorkommt; besonders bemerkenswert ist, daß die einzigen Tiere, welche in der madagassischen Fauna etwas fremd dastehen und modernern Charakter zeigen, das Flußpferd und der Potamochoerus, amphibisch lebende Formen sind, die auf dem benachbarten afrikanischen Festlande heimisch sind und Madagaskar schwimmend erreichen konnten, als es schon Insel geworden war. Abgesehen von diesen ausgezeichneten Schwimmern, fehlen aber geradezu alle charakteristisch-äthiopischen Typen, Löwen, Panther, Hyänen, Giraffe, Antilopen, Büffel, Zebra, Nashorn, Elefant, die bezeichnendsten Formen der afrikanischen Fauna. Betrachtet man aber diese Gattungen etwas näher, so sieht man, daß sie alle geologisch verhältnismäßig jung sind. Wir werden also daraus schließen müssen, daß Madagaskar zur Oligocänzeit noch in Verbindung mit andern Festlandsmassen stand, dann aber ungefähr bei Beginn der Miocänzeit zur Insel wurde. Daß ein solcher Zusammenhang zur Oligocänzeit gegen Afrika hin vorhanden war, kann nicht dem mindesten Zweifel unterliegen, dagegen sind die Meinungen noch geteilt, ob ein solcher auch mit dem südlichen Vorderindien und mit Ceylon bestand. Zu der Annahme eines solchen Kontinentes während der ersten Hälfte der Tertiärzeit führte eben die geographische Verbreitung der Halbaffen oder Lemuren, welche, außer auf Madagaskar, auch in Afrika, südlich der Sahara, und in einem Teile der indischen Region vorkommen; man hat daraus geschlossen, daß dieser Verbreitungsbezirk die Trümmer eines verschwundenen Festlandes darstelle, für welches man eben nach den charakteristischen Tieren den Namen Lemuria vorschlug. Es lassen sich noch verschiedene andre zoogeographische Thatsachen anführen, welche zu gunsten dieser Hypothese sprechen. Es ist bekannt, daß die indische und die äthiopische Region eine bedeutende Anzahl von Tierformen miteinander gemein haben; aber allerdings finden sich zahlreiche Belege dafür, welche beweisen, daß in der jüngern Tertiärzeit Afrika und Indien von Norden her zusammenhingen; das Rote Meer, eine der jüngsten Bildungen der Erdoberfläche, existierte noch nicht, ein gemeinsames Faunengebiet erstreckte sich vom Sudân durch Arabien nach Persien, Afghanistan und Indien, und wir können mit Sicherheit sagen, daß ein großer Teil der indisch-äthiopischen Formen auf diesem Wege seine jetzige Verbreitung erlangt hat, und das gilt namentlich von Rhinozeros, Elefanten, Büffel, den katzenartigen Raubtieren &c. Es sind das Typen, die in unsern Gegenden im Pliocän fossil auftreten; allein neben ihnen können wir ein zweites Element in der indo-äthiopischen Fauna unterscheiden, das sich abweichend verhält; es sind das solche Formen, die bei uns fossil gar nicht oder nur in ältern Tertiärbildungen auftreten, und deren Verbreitung auch jetzt nicht die ganze indisch-äthiopische Region umfaßt. Sowohl in Afrika als in Indien sind dieselben nicht allgemein verbreitet, und namentlich in Indien finden sie sich vorwiegend in der malayischen Region, auf Ceylon und im südlichsten Teile Vorderindiens oder nur in einzelnen der genannten Gebiete. Hierher gehören außer den Lemuren die menschenähnlichen Affen oder Anthropoiden, welche auf Borneo und im äquatorialen Westafrika leben, ferner die eigentümlichen Schuppentiere (Manis), und vermutlich wird auch der Mardergattung Gymnopus eine ähnliche Bedeutung zukommen. Auch unter den Vögeln finden sich mannigfache Vorkommnisse, welche der Annahme einer derartigen Verbindung das Wort reden, und dadurch erhält diese einen sehr hohen Grad von Wahrscheinlichkeit. Wir müssen uns hier daran erinnern, daß die Verbreitung der Pflanzen und Wirbeltiere der jungpaläozoischen und triadischen Zeit, daß die Abgrenzung der marinen Faunengebiete während Jura- und Kreideformation uns für jene Zeiträume zu einem durchaus übereinstimmenden Ergebnisse geführt haben. Überall treffen wir auf die Spuren

eines uralten indisch-äthiopischen Kontinentes, der erst zu Anfang der Miocänzeit verschwunden zu sein scheint, und dessen Trümmer heute Madagaskar, die Seschellen und Amiranten darstellen.

Wir kehren von Lemurien zu den Lemuren zurück. Wie erwähnt, fehlen sie in der jüngern Hälfte des Tertiär in Europa und Amerika vollständig, aber auch in der ältern Abteilung der Formation sind sie selten. Auch ihre Nachkommen, die echten Affen, treten überall in fossilem Zustande nur sehr spärlich auf, und unsre Kenntnis derselben ist infolgedessen eine sehr unvollkommene. Die Affen unterscheiden sich von den Lemuren namentlich durch höhere Entwickelung des Gehirnes, durch das Vorhandensein geschlossener Augenhöhlen; im Gebisse tritt die Ähnlichkeit mit den Insektenfressern zurück, die Zähne erhalten breitere Kauflächen mit stumpfen Höckern, doch sind diese Unterschiede keine ganz durchgreifenden, denn bei den niedrigsten Affen, den kleinen südamerikanischen Krallaffen, ist das Großhirn noch glatt, und bei ihnen sind auch die Backenzähne noch sehr spitzhöckerig und fast ganz

Mesopithecus Pentelici, ein pliocäner Schlankaffe von Pikermi in Griechenland. (Nach Gaudry.) Vgl. Text, S. 444.

wie bei den Lemuren gestaltet, so daß die Kluft zwischen beiden nur eine geringe ist. Eine fossile Zwischenform zwischen Affen und Lemuren ist noch nicht gefunden worden, und die lebenden Krallaffen stehen den letztern wohl näher als irgend eine fossile Affenform, doch kann das bei der außerordentlichen Spärlichkeit tertiärer Reste aus dieser Abteilung in keiner Weise wundernehmen. Der Unterschied ist hier so gering, daß kein Grund vorhanden ist, an einer Abstammung der Affen von den Lemuren zu zweifeln; allerdings glaubte man bei manchen alttertiären Formen, wie Adapis und Cebochoerus, Ähnlichkeiten zwischen Huftieren von schweineähnlichem Baue und Affen zu bemerken, und man vermutete daher, daß die Affen von solchen Ungulaten abstammen; ja, es ist sogar die seltsame Ansicht aufgetaucht, daß die Affen der Neuen Welt Insektenfresser, die der Alten sogenannte Dickhäuter, vielzehige Huftiere, zu Ahnen haben. Gegen die Abstammung von Insektenfressern ist wohl nichts einzuwenden, nur sind eben die Zwischenformen, welche sich zwischen diese und die Affen einschieben, die Lemuren. Anders verhält es sich dagegen mit der Verwandtschaft mit Ungulaten. Adapis nähert sich am meisten den Lemuren, nicht den Affen, und Cebochoerus ist wohl ein ganz normales Huftier. Der Höckerzahn ist eben in den alttertiären Ablagerungen allgemein verbreitet, er bildet den Grundtypus, aus dem sich die übrigen Zahnformen entwickelt haben, und so ähneln sich denn in der Nähe der Ursprungsstelle die Zähne

der verschiedensten Stämme bis zu einem gewissen Grade; eine engere Verbindung zwischen Huftieren und Affen existiert nicht, und es genügt wohl ein Blick auf den Bau der Handwurzel, um die Abstammung der letztern von den erstern sofort als eine Unmöglichkeit zu erkennen.

Man kann unter den Affen drei Hauptgruppen unterscheiden; am tiefsten stehen die schon erwähnten Krallaffen oder Hapaliden Südamerikas (Löwenäffchen, Uistiti 2c.) mit glattem Großhirne, breiter Nasenscheidewand und 32 spitzhöckerigen Zähnen, welche nach der Formel $\frac{2.1.3.2}{2.1.3.2} = 32$ angeordnet sind. Etwas höher stehen die Platyrhinen oder Breitnasen, amerikanische Affen, gleich den Krallaffen mit breiter Nasenscheidewand, aber mit 36 weniger spitzen Zähnen nach der Formel $\frac{2.1.3.3}{2.1.3.3} = 36$ ausgerüstet. Die höchste Stufe endlich nehmen die Affen der Alten Welt oder Schmalnasen ein, mit 32 Zähnen $\left(\frac{2.1.2.3}{2.1.2.3} = 32\right)$ und mit schmaler Nasenscheidewand; wir finden hier dieselbe Zahnformel wie beim Menschen, und dieselbe Zahl herrscht auch bei den Krallaffen, doch liegt in dem letztern Falle nur eine scheinbare Übereinstimmung vor. Denn während die Affen der Alten Welt zwei Prämolaren und drei Molaren besitzen, zeigen die Hapaliden drei Prämolaren und zwei Molaren und sind demnach den Plattnasen auch hierin viel näher verwandt.

Unterkiefer von Dryopithecus Fontani, einem anthropoiden Affen aus dem Miocän von St.-Gaudens (Haute-Garonne) in Frankreich. (Nach Gaudry.) c Eckzahn — p Prämolaren — m Molaren. Vgl. Text, S. 444.

Als den Stammtypus der Affen müssen wir eine Form annehmen, welche die Gestalt der Backenzähne und das Gehirn der Krallaffen, aber die Zahnformel der Plattnasen hatte; die Schmalnasen entfernen sich offenbar am weitesten von dem Ursprunge der ganzen Ordnung. Fossile Affen sind sehr selten, so daß Cuvier deren Existenz aufs entschiedenste in Abrede stellte, doch hat man seither eine Anzahl von Formen entdeckt; so kennen wir einige Plattnasen mit 36 Zähnen aus den diluvialen Knochenhöhlen Brasiliens; alle tertiären Affen der Alten Welt gehören derselben Abteilung zu wie die jetzt lebenden Formen unsrer Erdhälfte, nämlich den Schmalnasen. Ein Schlankaffe (Semnopithecus) ist im Pliocän der Sivalikhügel am südlichen Fuße des Himalaja gefunden worden, und mit dieser Gattung nahe verwandt sind auch einige Affenreste, welche im Pliocän Italiens, der Umgebung von Montpellier in Frankreich und namentlich bei Pikermi zwischen Athen und Marathon am Fuße des Pentelikon getroffen worden sind. Die letztere Lokalität ist die einzige, an welcher Affenreste in etwas größerer Zahl vorkommen, ja Gaudry, welcher diese Fundstätte während mehrerer Monate durch Ausgrabungen ausbeutete, fand einmal in einem zu Tage geförderten Lehmblocke nicht weniger als acht Affenschädel beisammen, und er konnte aus dem gesammelten Materiale das ganze Skelet des dort

vorkommenden Mesopithecus Pentelici (s. Abbildung, S. 442) wiederherstellen. Immerhin scheinen diese Überbleibsel nur an einzelnen Stellen vorzukommen, denn mir selbst gelang es bei sechswöchentlichen Grabungen kaum 200 Schritt von dem durch Gaudry ausgebeuteten Punkte nicht, auch nur einen einzigen Schädel dieses Tieres zu erlangen. Von höher organisierten Affen ist wenig bekannt. Ein Unterkiefer und ein Oberarmknochen aus dem Miocän von St.-Gaudens in Frankreich (Pliopithecus) verweisen auf eine dem langarmigen Gibbon Indiens ähnliche Form; an derselben Stelle wurde ein Unterkiefer eines großen Affen gefunden, der an Wuchs hinter dem Menschen nicht zurückgeblieben zu sein scheint; er wurde von Lartet unter dem Namen Dryopithecus (s. Abbildung, S. 443) beschrieben, und derselben Gattung werden auch einige Zähne zugeteilt, welche in Württemberg gefunden worden sind. Dieser Dryopithecus ist insofern von großem Interesse, als er nach den Merkmalen des Unterkiefers der menschenähnlichste unter allen bisher bekannten Affen zu sein scheint. Immerhin ist der Unterschied in der Größe des Eckzahnes und in der starken Entwickelung der Prämolaren noch bedeutend genug, und es kann nicht etwa davon die Rede sein, daß er ein Mittelglied zwischen Menschen und Affen darstelle. Ein solches ist überhaupt bis jetzt noch nicht gefunden worden, so groß auch die Ähnlichkeit zwischen beiden ist. Endlich gibt es eine dem westafrikanischen Schimpanse sehr nahe verwandte Form aus dem indischen Pliocän.

Fossilreste von Menschen kennt man mit voller Sicherheit aus diluvialen Ablagerungen, im Tertiär sind weder solche noch Kunstprodukte mit Bestimmtheit nachgewiesen worden, so viele Angaben über derartige Funde auch schon gemacht worden sind. Wir gehen aber hier nicht weiter auf diesen Gegenstand ein, da derselbe in dem anthropologischen Teile dieses Werkes ausführlich besprochen wird.

Huftiere.

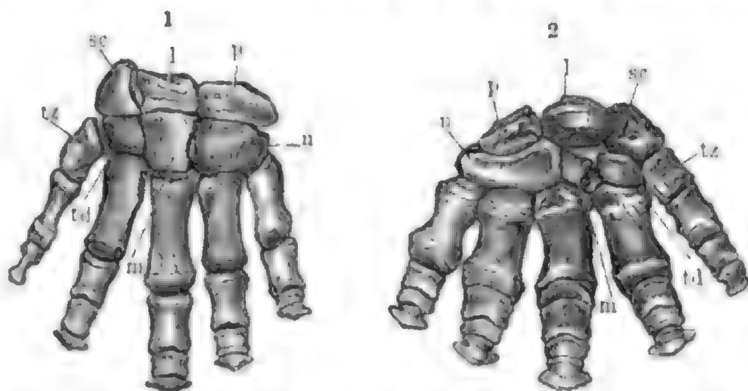
Wir haben oben gesehen, daß unter den mit Höckerzähnen ausgestatteten Säugetieren des untersten Eocän sich schon eine Scheidung in zwei Hauptgruppen, in Formen mit Nägeln und in solche mit Hufen, vollzogen hat; wirkliche Bindeglieder zwischen diesen großen Abteilungen sind nicht bekannt, nur die Ausbildung der Zehen bei der Kreodontengattung Mesonyx zeigt einige Anlage zur Hufbildung.

Die Hufe tragenden Formen sind heute durch vier außerordentlich voneinander verschiedene Ordnungen vertreten, durch die Diplarthra oder Huftiere (Ungulaten) im engern Sinne, welche wieder in Paarhufer (Artiodaktylier) und Unpaarhufer (Perissodaktylier) zerfallen, durch die Elefanten oder Proboscidier, durch die Klippdachse oder Hyrakoideen und endlich durch die Sirenen oder Seekühe. Die drei letztgenannten Ordnungen zeigen in der Jetztwelt nur eine kleine Zahl von Gattungen und Arten, bloß die Huftiere und unter ihnen namentlich die Paarhufer stellen formenreiche und teilweise wenigstens noch im Aufblühen begriffene Abteilungen dar.

Nicht nur die vier genannten Ordnungen sind in der Jetztwelt außerordentlich scharf voneinander geschieden, sondern auch innerhalb der Diplarthra stehen sich heute mehrere Typen unvermittelt gegenüber. Rhinozeros und Tapir, Pferde, Schweine und Flußpferd, endlich die Wiederkäuer, das sind vier Gruppen, deren Beziehungen aus der Beschaffenheit der jetzt lebenden Vertreter kaum erkannt werden können, und in der That stellte man lange Elefanten, Rhinozeros, Tapir, Flußpferd und Schwein in eine Ordnung der Dickhäuter oder Pachydermen zusammen, an welche die Pferde und Wiederkäuer als zwei gleichwertige Gruppen angereiht wurden. Hier konnte erst die Paläontologie Klarheit verschaffen, sie brachte eine reiche Menge fossiler Formen ans Licht, welche ungeahnte Verbindungen herstellten und

die wahren Verwandtschaften erkennen ließen. In keiner andern Abteilung von Wirbeltieren, die noch heute zahlreiche lebende Vertreter zählt, ist das Verständnis in dem Maße wie hier von den paläontologischen Studien ausgegangen, und nirgends haben diese so befriedigende Resultate erzielt wie hier. Vor allem ergab es sich, daß die Abteilung der Dickhäuter eine durchaus unnatürliche ist und aus den verschiedenartigsten Elementen besteht. Die Elefanten scheiden als ganz abweichend aus, Tapir und Rhinozeros erscheinen als nahe Verwandte der Pferde, Schweine und Flußpferd als solche der Wiederkäuer.

Damit ist auch für unsre Betrachtung der Weg gewiesen, wir müssen auch hier von den ältesten und einfachsten Formen ausgehen und von da aus die Entwickelung der verschiedenen Stammlinien verfolgen. In erster Linie müssen wir uns klar machen, worin die Hauptunterschiede zwischen den einzelnen Ordnungen bestehen. Die Elefanten sind, abgesehen von dem Rüssel und von den durch sein Vorhandensein bedingten Eigentümlichkeiten des Schädelbaues, durch ihr Gebiß charakterisiert; im Unterkiefer haben sie weder Eckzähne noch Schneidezähne, im Oberkiefer sind nur zwei fortwährend wachsende Schneidezähne von riesiger Größe, die bekannten Stoßzähne, vorhanden. Die Backenzähne sind außerordentlich groß und bestehen aus sehr zahlreichen Querjochen, welche durch reichliches Zement miteinander verbunden sind. Sie werden nicht in der gewöhnlichen Weise von unten

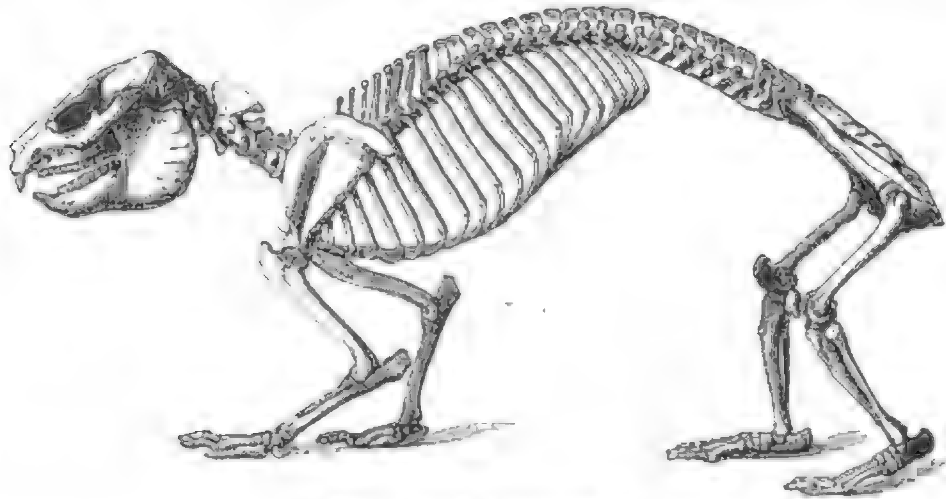


Vorderfuß von 1. Elephas und 2. Coryphodon. (Nach Cope.) Die einzelnen Knochen der Handwurzel sind bezeichnet: p Os pyramidatum. — l Os lunatum. — sc Os scaphoideum. — n Unciforme. — m Magnum. — tz Trapezoideum. — td Trapezium.

nach oben senkrecht ersetzt, sondern in dem sehr kurzen Kiefer ist in der Regel nur je ein Backenzahn jederseits vorhanden, und in dem Maße, in welchem dieser abgekaut wird, schieben sich immer neue Zähne von hinten nach, so daß das Gebiß öfters gewechselt wird. Von sehr großer Bedeutung ist die Gestalt der Füße, von denen jeder fünf kurze Zehen trägt. Der wichtigste Zug beruht jedoch auf der Anordnung der Hand- und Fußwurzel, indem in den zwei Reihen von Knochen, aus welchen die Wurzel besteht, die einzelnen Elemente sich der Lage nach genau entsprechen. Betrachten wir z. B. die Handwurzel eines Elefanten, so sehen wir, daß jeder Knochen der obern Reihe der Handwurzel genau über einem solchen der untern Reihe liegt, und daß die Fugen zwischen je zwei Knochen der einen Reihe genau denjenigen der andern Reihe entsprechen (s. obenstehende Abbildung). Es ist das ein wichtiger Unterschied gegen die Paarhufer und Unpaarhufer, bei denen die einzelnen Stücke in den beiden Reihen der Hand- und Fußwurzel gegeneinander verschoben sind, so daß die Fuge zwischen zwei Knochen der obern Reihe nicht wieder auf eine Fuge, sondern auf einen Knochen trifft. Die Zahl der Zehen bei den Paarhufern und Unpaarhufern ist stets geringer als fünf, die Zähne werden in normaler Weise ersetzt und haben nie den ins äußerste Extrem gesteigerten zusammengesetzten Jochbau wie bei den Elefanten.

Die Paarhufer und Unpaarhufer, die beiden Hauptabteilungen der Huftiere im engern Sinne, unterscheiden sich vor allem im Baue der Füße. Die Charaktere liegen aber nicht, wie der Name andeutet, in der Zahl der Zehen; wir rechnen nicht die Formen mit gerader Zehenzahl zu den Paarhufern, die mit ungerader zu den Unpaarhufern, sondern entscheidend ist der gesamte Mechanismus des Fußes. So hat z. B. der Tapir, ein ganz typischer Unpaarhufer, am Vorderfuße vier Zehen, während die paarhufige Gattung Anoplotherium

Arten mit drei Zehen enthält. Wesentlich ist für die Unterscheidung, welche Finger hauptsächlich den Körper tragen; bei den Unpaarhufern geht die Achse des Fußes mitten durch die mittlere oder dritte Zehe, diese bildet den hauptsächlichsten Träger des Körpers, sie vergrößert sich auf Kosten der andern Zehen, und bei den Formen mit starker Fußreduktion, nämlich bei den Pferden, verschwinden alle Zehen bis auf diese eine. Bei den Paarhufern dagegen verläuft die Achse des Fußes zwischen der dritten und vierten Zehe, diese letztern bilden sich daher gleichmäßig zu den eigentlichen Trägern der Körperlast aus, und eine weitere Reduktion als zur Zweizehigkeit, wie wir sie bei den Wiederkäuern finden, ist demnach hier nicht möglich. Diese Verschiedenheit des ganzen Mechanismus bringt auch in den Einzelheiten des Fußbaues bedeutende Verschiedenheiten mit sich, so daß ein einzelner Fußwurzelknochen in der Regel genügt, um zu entscheiden, mit welcher der beiden Abteilungen man es zu thun hat. Auch im Gebisse sind durchgreifende Merkmale vorhanden, indem die Backenzähne der Unpaarhufer nach dem Jochtypus gebaut sind; unter den Paar-



Gerippe des Klippdachses.

hufern dagegen haben die Schweine und ihre Verwandten Höckerzähne, die Wiederkäuer Zähne mit halbmondförmigen Falten, und von dieser Eigenschaft stammen auch die Namen, welche man in der Regel diesen beiden Abteilungen gibt: die Schweine werden als die Bunodonten, die Wiederkäuer und ihre Sippe als Selenodonten bezeichnet.

Die Klippdachse (Hyrax, s. obenstehende Abbildung) endlich sind kleine, in Afrika und Syrien heimische Formen mit 4—5 Zehen an den vordern und 3 Zehen an den hintern Füßen. Die Anordnung von Hand- und Fußwurzel ist wie bei den Elefanten, das Gebiß besteht aus zwei fortwährend wachsenden Schneidezähnen im Ober- wie im Unterkiefer, welche wie bei den Nagetieren gebildet sind, während die Molaren an die Jochzähne der Unpaarhufer erinnern. Keine fossile Form zeigt ausgesprochene Verwandtschaft mit den Klippdachsen, sie stehen durchaus fremd und rätselhaft da; doch ist die Annahme immer noch am wahrscheinlichsten, daß sie einen uralten Stamm der Huftiere darstellen, der vermutlich bis in die Kreidezeit zurückgeht und sich bis heute verhältnismäßig wenig verändert hat. Während der Tertiärzeit haben die Vorfahren von Hyrax wahrscheinlich in einer der Gegenden gelebt, deren fossile Säugetiere noch nicht bekannt sind.

Die ältesten Vertreter der elefantenartigen Tiere oder Proboscidier, die wir kennen, stammen aus dem Miocän, wir können deren Stamm nicht weiter zurückverfolgen; dagegen sind Unpaarhufer und die beiden Abteilungen der Paarhufer im Eocän vorhanden, aber die Unterschiede, welche sie voneinander trennen, sind hier sehr viel geringer als in späterer Zeit.

Wir heben nur einige wenige Typen aus dem unabsehbaren Heere der tertiären Ungulaten hervor, die entweder durch ihr verbreitetes Vorkommen von geologischer Bedeutung oder als Bindeglieder und Stammformen von Wichtigkeit sind.

In erster Linie ist von großer Bedeutung das Auftreten von fünfzehigen Huftieren im Eocän. Aus der eocänen Puerco- und Wahsatchgruppe Nordamerikas beschreibt Cope eine bedeutende Anzahl von Gattungen, die er unter dem Namen Condylarthra zusammenfaßt und als dem Klippdachse nahe verwandt betrachtet. Phenacodus primaevus, die am besten bekannte Art dieser Abteilung, ist ein Tier etwa von der Größe eines Steinbockes, aber mit niedrigern Beinen und mit langem Schwanze (s. untenstehende Abbildung).

Phenacodus primaevus, aus der Puercogruppe Nordamerikas. (Nach Cope)

Das Gebiß hat die normale Zahl von 44 Zähnen, welche vollständig den Höckertypus zeigen und noch so wenig charakteristische Ungulatenmerkmale besitzen, daß man anfangs, ehe noch die Füße bekannt waren, über dessen Stellung sich nicht klar werden konnte; man hätte ebensogut ein Tier mit Krallen wie ein solches mit Hufen vermuten können. Der Bau des Schädels und des Rumpfes bietet keine sehr bemerkenswerten Eigentümlichkeiten, dagegen ist die Entwickelung der Füße interessant. In erster Linie finden wir, daß der Oberarmknochen in seinem untern Teile durchbohrt ist, ein Merkmal, das nur bei wenigen der ältesten Huftiere auftritt, dagegen bei Raubtieren und Kreodonten sehr verbreitet ist; von den beiden Knochen des Unterarmes ist der Radius oder die Speiche schwächer als die Ulna oder Elle, ein Verhältnis, das bei den Elefanten, nicht aber bei den andern Huftieren wiederkehrt; die Hand- und Fußwurzel zeigt ebenfalls Elefantencharakter, indem die einzelnen Knochen der beiden Reihen genau übereinander stehen, und hier können wir nun über die Bedeutung dieser Einrichtung, wenigstens an den Vorderbeinen, uns eine Ansicht bilden. Bei Elefanten, Klippdachs und Phenacodus samt seinen Verwandten sehen wir, daß starke Entwickelung der Elle (Ulna) und die geschilderte Anordnung der Handwurzel verbunden sind, während bei den andern Hufträgern schwächere Ausbildung der Ulna und Verschiebung der Knochen in beiden Reihen der Handwurzel zusammen auftreten. Betrachten wir nun andre fünfzehige Huftiere, wie Coryphodon oder Dinoceras, so sehen wir, daß mit dem Schwächerwerden der Ulna auch der Fußwurzelknochen, mit dem sie an

ihrem untern Ende in Verbindung steht, das Os pyramidatum, kleiner wird, während die andern Knochen der ersten Reihe, welche sich an die Speiche anschließen, größer werden und sich ausbreiten und infolgedessen über die Fugen zwischen den Knochen der zweiten Reihe weggreifen. Wesentlich an der ganzen Erscheinung ist demnach die Reduktion der Ulna, sie veranlaßt wenigstens die erste Verschiebung in der Handwurzel, auf welche dann aller Wahrscheinlichkeit nach im weitern Verlaufe auch noch die Verminderung der Zehenzahl einwirkt. Es zeigt uns dies, daß in der Entwickelung des Fußes von Phenacodus zwar erhebliche Annäherung an den Typus der Elefanten liegt; aber die Bedeutung der besprochenen Merkmale der Handwurzel gestaltet sich dadurch sehr viel geringer, als in der Regel angenommen wird, sie sind lediglich eine Erscheinung im Gefolge eines andern Vorganges. Der geschilderte Verlauf sowie der Umstand, daß die Anordnung der Handwurzel wie bei Phenacodus und den Elefanten bei den niedrigern Wirbeltieren die Regel darstellt, lassen uns auch erkennen, daß diese Bildung bei den Huftieren die ursprünglichere gewesen sein muß. Die Abweichung von derselben, welche bei den meisten Huftieren vor sich geht, scheint wesentlich dazu bestimmt, der Fußwurzel einen hervorragenden Grad von Festigkeit zu verleihen und ebenso wie das immer stärkere Überhandnehmen des Radius auf Kosten der Ulna eine ganz spezielle Anpassung der Extremitäten als reine Laufbeine zu bedeuten. Die untern Teile der Extremitäten, Mittelhand, Mittelfuß und Zehen, von Phenacodus entfernen sich vollständig vom Elefantentypus, hier tritt der Charakter der Unpaarhufer trotz des Vorhandenseins von fünf Zehen in vollster Deutlichkeit hervor; Phenacodus ist kein Sohlengänger, die Mittelhand- und Mittelfußknochen sind zwar noch verhältnismäßig kurz, aber doch sehr viel länger als bei Elefanten, die erste und fünfte Zehe sind verkürzt und berühren den Boden nicht mehr, die mittlere oder dritte Zehe ist entschieden die stärkste und bildet schon den Hauptpfeiler des Fußes, kurzum, wir haben eine entschiedene Unpaarhuferextremität vor uns, und wie Schlosser sehr richtig bemerkt, steht Phenacodus zu dem Stammbaume der Pferde in enger Beziehung und scheint dem Ausgangspunkte desselben sehr nahe zu kommen. Außer Phenacodus und verwandten Gattungen sind noch verschiedene andre Angehörige der Condylarthra gefunden worden, unter welchen die Periptychiden nach Schlosser vermutlich zu den Paarhufern in demselben Verhältnisse standen wie Phenacodus zu den Unpaarhufern. Im allgemeinen stellen die Condylarthra eine für das Verständnis der Huftiere überaus wichtige Gruppe dar, und deren Entdeckung gehört zu den bedeutendsten Fortschritten in der Kenntnis der fossilen Säugetiere; es ist speziell Phenacodus ein Unpaarhufer mit Höckergebiß, welcher im Baue der Füße erhebliche Anklänge an Elefanten, entferntere an die Kreodonten zeigt.

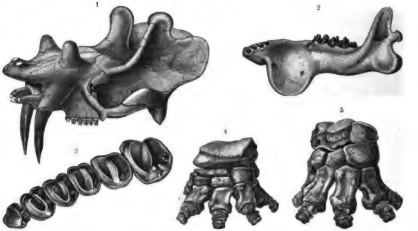
Ein andrer Typus fünfzehiger Huftiere von sehr verschiedenem Baue ist Coryphodon, der schon lange in unvollkommenen Resten aus dem untern Eocän Europas bekannt ist, aber erst später in außerordentlicher Menge in gleichalterigen Ablagerungen Amerikas gefunden und von dort vollständig beschrieben wurde. Cope schildert dieses merkwürdige Tier folgendermaßen: „Nach dem Skelete glich Coryphodon in der allgemeinen Erscheinung wahrscheinlich einem Bären mehr als irgend einem andern lebenden Tiere, nur mit dem Unterschiede, daß seine Füße ganz wie die eines Elefanten waren, und zu den Körperverhältnissen eines Bären müssen wir noch einen Schweif von mittlerer Länge fügen. Ob sie behaart waren, wissen wir nicht, denn von ihren Verwandten, den Elefanten, sind einige behaart (das Mammut), andre nackt. Der Scheitel war ohne Zweifel kahl und mag bei alten Tieren nur mit einer dünnen Epidermis, wie bei Krokodilen, bedeckt gewesen sein, so daß sie dem Feinde eine rauhe, undurchdringliche Stirn entgegenstellen konnten. In seinen Bewegungen glich Coryphodon ohne Zweifel dem Elefanten mit seinem schwankenden Paßgange. Als Ersatz für den Mangel an Geschwindigkeit kann die furchtbare

Bewaffnung mit mächtig vorspringenden Eckzähnen gelten, welche namentlich im Oberkiefer stärker und länger waren als bei Raubtieren. Die Größe der einzelnen Arten schwankt zwischen derjenigen eines Ochsen und der eines Tapirs. Die Hauptnahrung von Coryphodon war vermutlich vorwiegend pflanzlicher Natur, aber ohne strenge Beschränkung auf ein bestimmtes Futter; ohne Zweifel waren sie, wie die jetzigen Schweine, bis zu einem bedeutenden Grade Allesfresser.“ Das Gebiß besteht aus den 44 normalen Zähnen, unter denen, wie erwähnt, die Eckzähne durch ihre Größe und Stärke ausgezeichnet sind; im Baue der Backenzähne wiegt hier die Jochform vor, aber die Joche sind mit kräftigen Höckern versehen, man kann sie als einem Mischtypus angehörig betrachten. Im Baue der Füße zeigt Coryphodon einen merkwürdigen Gegensatz zu dem oben genannten Phenacodus; diejenigen Teile des Fußes, in welchen bei diesem Elefantenähnlichkeit hervortritt, sind bei jenem nach Diplarthrentypus gebaut und umgekehrt. Die Ulna ist erheblich schwächer als der Radius, die Knochen in den beiden Reihen der Handwurzel gegeneinander verschoben; dagegen tritt in der überaus kurzen, plumpen Gestalt der Zehen, in der Art, wie sie den Boden berühren und den Fuß stützen, in der Massigkeit der Hand- und Fußwurzel eine geradezu überraschende Übereinstimmung mit den Elefanten hervor (s. Abbildung, S. 445).

Weder Phenacodus noch Coryphodon kann als der Stammvater der Elefanten betrachtet werden, ebensowenig ist irgend eine der eocänen Formen bekannt, welche als der gemeinsame Ausgangstypus für Paarhufer und Unpaarhufer gelten könnte. Diese Formen müssen in der Kreidezeit gelebt haben; aber aus dem Umstande, daß unter den ältesten eocänen Huftieren Gattungen auftreten, welche Merkmale von Paarhufern, Unpaarhufern und Elefanten in sich vereinigen, können wir mit Sicherheit schließen, daß alle drei Abteilungen gemeinsamen Ursprung haben. Nachkommen der Koryphodonten existieren in der Jetztzeit nicht mehr, sie sind aber nicht sofort im untern Eocän erloschen, sondern im obern Eocän schließt sich ihnen eine in jeder Beziehung überaus seltsame Gruppe riesiger Tiere an, welche entweder unmittelbar von jenen oder von einer ihnen sehr nahe stehenden Gattung abstammen. Es sind das die Dinoceraten, welche mit den Koryphodonten zusammen als eine selbständige Ordnung der Amblypoden aufgefaßt werden.

Diese Dinoceraten, die von mehreren amerikanischen Paläontologen, namentlich aber von Marsh, eingehend beschrieben worden sind, gehören zu den merkwürdigsten Tieren, die je gelebt haben. Schon die geographische Verbreitung derselben ist eine sehr sonderbare, in dem sie bisher nicht nur auf Nordamerika beschränkt zu sein scheinen, sondern auch hier nur in einem ganz kleinen Gebiete gefunden worden sind; man kennt sie nur aus dem südwestlichen Teile von Wyoming, in dem Becken des obern Green River, das im Westen vom Wahsatchgebirge, im Süden von den Uintahbergen, im Norden von der Wind River-Kette begrenzt war. Diese Einsenkung war in der Eocänzeit von einem großen Süßwassersee erfüllt, dessen Sedimente eine Mächtigkeit von etwa einer englischen Meile erreichen. In diesem trocknen und vegetationslosen Gebiete, den bekannten Mauvaises Terres von Wyoming, hat weitgehende Denudation die tertiären Ablagerungen ergriffen, zahllose Klippen, Obelisken und Säulen ragen empor von brennenden, grell kontrastierenden Farben, und dieselben Verwitterungsvorgänge, welche die festern Felspartien in abenteuerlichen Formen bloßlegten, befreiten auch die zahlreich vorkommenden Wirbeltierknochen aus dem Gesteine, sie liegen nun stellenweise in ungeheurer Menge an der Oberfläche herum, und unter ihnen fallen diejenigen der Dinoceraten durch ihre Größe besonders auf. Marsh hat allein Reste von mehr als 200 Exemplaren dieser riesigen Tiere in seiner Sammlung vereinigt, die er bei mehreren Expeditionen, obwohl oft durch feindliche Indianerstämme belästigt und gefährdet, zusammenbringen konnte. Seltsam genug ist außerhalb dieser Region in keinem der andern durch ihre massenhaften Säugetierreste

ausgezeichneten Gebiete jemals die geringste Spur eines solchen Tieres gefunden worden. Man hat unter den Dinoceraten drei Hauptgattungen unterschieden, welche mit den Namen Dinoceras, Loxolophodon und Uintahtherium bezeichnet worden sind; es sind Kolosse, die an Größe und Massigkeit des Rumpfes einem Elefanten nahezu gleichkommen, aber mit niedrigern, sehr plumpen Beinen ausgestattet waren, also nicht dieselbe Höhe erreichten. Loxolophodon ingens war von der Nase bis zur Schweifspitze nahezu 5 m, ohne Schweif 3,65 m lang, aber nur 2 m hoch, während bei sehr großen Individuen des indischen Elefanten die Länge ohne Rüssel und Schweif 3,35 m, die Höhe bis zu 4 m beträgt. Der Hals war länger und beweglicher als beim Elefanten, und in der ganzen äußern Erscheinung soll das Tier zwischen Elefant und Rhinozeros in der Mitte gestanden haben



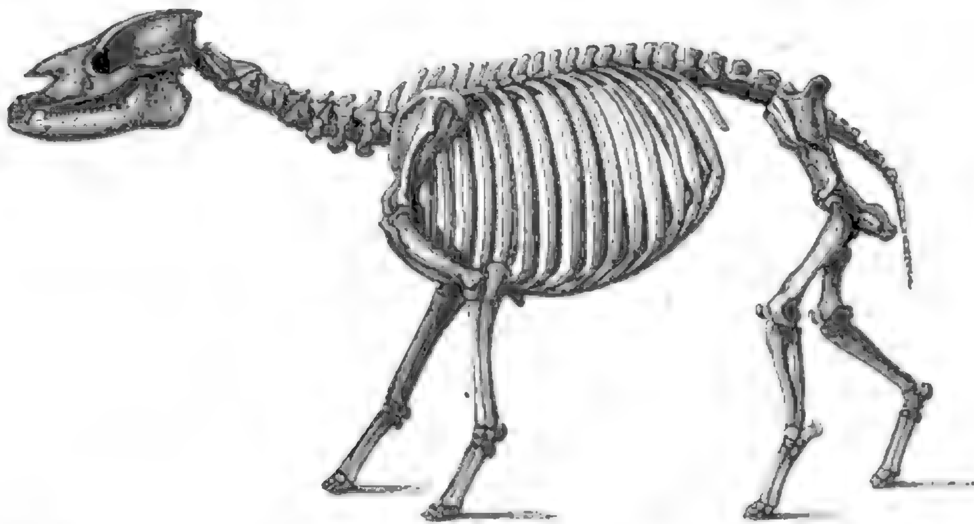
Dinoceras mirabile, aus dem amerikanischen Eocän (Bridgesgruppe). (Nach Marsh) 1. Schädel. — 2. Unterkiefer. — 3. Backenzähne des Oberkiefers. — 4. Hinterfuß. — 5. Vorderfuß.

(s. obenstehende Abbildung). Im Baue der Füße stimmen die Dinoceraten mit den Koryphodonten nahezu überein, den auffallendsten Charakter erhalten sie, abgesehen von ihrer Größe, durch die Ausbildung des Schädels, welcher unter allen Tieren seinesgleichen nicht findet. Im Unterkiefer sind Schneide- und Eckzähne vorhanden, im Oberkiefer fehlen die erstern, die Eckzähne sind dagegen zu riesigen Hauern ausgebildet, welche wie bei einem Walrosse herabhingen; die Backenzähne waren nicht sehr stark entwickelte Jochzähne. Auf der Oberseite des Schädels treten in der seltsamsten Weise sechs mächtige Knochenvorsprünge auf, welche Ansätzen von Hörnern gleichen; zwei derselben sind ganz vorn auf der Nase, und es hat den Anschein, als ob hier Hörner wie bei einem Rhinozeros gesessen hätten; zwei weitere größere Knochenvorsprünge stehen über den Wurzeln der riesigen Eckzähne, und zwei ungeheure Knochenkämme erheben sich endlich über dem hintern Teile des Schädels. Ob diese wirklich riesige Hörner trugen, wie man vielfach glaubt, oder welches sonst deren Bedeutung war, ist noch durchaus unsicher, jedenfalls aber verliehen dieselben dem Tiere ein überaus seltsames und wildes Aussehen; auch am Unterkiefer ist im vordern Teile bei vielen Formen jederseits eine überaus mächtige, nach abwärts gerichtete Knochenausbreitung, und alles das zusammen muß die Dinoceraten zu den abenteuerlichsten Säugetierformen gemacht haben, welche je auf Erden existierten. Denken wir uns noch dazu, daß die Kolosse mit überaus

Digitized by Google

kleinem und unentwickeltem Gehirne ausgestattet, also wahrscheinlich stupide und träge Geschöpfe waren, deren Augen überdies durch die mächtigen Knochenkämme fast gedeckt waren, so erscheinen uns die Dinoceraten als ein Bild rohester und ungelenkster Plumpheit.

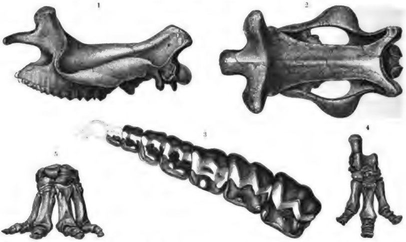
Die größte Verbreitung unter allen huftragenden Tieren erreichen im ältern Tertiär die Unpaarhufer; eine sehr große Zahl von drei- und vierzehigen Gattungen und Arten, nach dem Skelete von ziemlich einförmigem Habitus, waren die häufigsten Tiere im Eocän und Oligocän, und namentlich in den Ablagerungen der letztern Stufe, z. B. in dem Gipse vom Montmartre, in den Bohnerzbildungen des Juragebirges, kommen sie in Menge vor. Hyracotherium, Hyrachius, Lophiodon, Palaeotherium, Propalaeotherium, Paloplotherium sind einige der bekanntesten Formen aus diesem unabsehbaren Formengemenge. Wie heute der Wiederkäuertypus, so spielten damals diese Tiere die führende Rolle unter den Pflanzenfressern und trieben sich aller Wahrscheinlichkeit nach in großen Herden umher. Manche unter ihnen waren außerordentlich klein, von geringern Dimensionen als irgend ein jetzt lebendes Huftier und nicht größer als ein Kaninchen, während die größern unter



Palaeotherium magnum, eine tapirähnliche Form aus dem unteroligocänen Gipse von Paris. (Nach Gaudry.)

ihnen die Größe eines Rindes, einige wenige noch viel bedeutendere Dimensionen erreichten. In ihrer äußern Erscheinung waren sie wahrscheinlich dem Tapir sehr ähnlich, der als letzter wenig veränderter Überrest dieser Tiergesellschaft, als ein lebendes Fossil aus der Oligocänzeit sich erhalten hat. Als die Stammform dieser tapiroiden Tiere des ältern Tertiär wird von Cope die Gattung Hyracotherium (Orohippus) betrachtet, welche im untern Eocän von Europa und Amerika auftritt, mit vier Zehen am vordern, drei am hintern Fuße, mit 44 Zähnen, unter welchen die Molaren noch ziemlich kräftigen Höckerbau auf den Jochen zeigen; es sind kleine Tiere, wohl keins größer als ein Fuchs; einen noch ursprünglichern Typus scheint die noch sehr wenig bekannte Sippe Eohippus darzustellen, bei welcher noch Rudimente einer fünften Zehe am Vorderfuße vorhanden sind. Dem lebenden Tapir sehr ähnlich war Lophiodon; die bekannteste und häufigste Gattung in unsern Gegenden ist Palaeotherium, an welche vor allem die denkwürdigen Untersuchungen von Cuvier anknüpfen. Die obenstehende Abbildung zeigt das überaus häufige Palaeotherium magnum, das uns zugleich ein Bild von dem Aussehen der tapiroiden Formen jener Zeit gibt. Die Gattung besaß ein vollständiges Gebiß von 44 Zähnen, die Molaren bestehen im Oberkiefer aus einer W-förmig gestalteten Außenwand und zwei Querjochen, während diejenigen des Unterkiefers sich der Halbmondform nähern; die Füße tragen je drei Zehen.

Aus dieser Menge ziemlich ähnlicher Formen heben sich zwei stark differenzierte und weit abweichende Reihen ab, welche von den Tapiroiden abstammen: die Nashörner und die Pferde. Die Nashörner oder Rhinozerosse scheinen sich an dem Lophiodon ähnliche Tiere anzuschließen; die ältesten Repräsentanten haben vorn noch vier Zehen, und die Nasenbeine sind noch zu schwach, um einem Horne als Stütze dienen zu können (Aceratherium); aber allmählich werden die Nasenbeine immer kräftiger, sie schwellen zu monströser Größe an und tragen auf der Oberseite jene rauhen Knochenpolster, über welchen die Hörner, reine Hautgebilde, sich erheben. Bei manchen Arten erhebt sich vom Zwischenkiefer eine Knochenlamelle, welche dem Nasenbeine als Stütze dient und eine knöcherne Nasenscheidewand bildet. Der Schädel nimmt eine stark verlängerte, schmale Form an, die Schneidezähne verkümmern,



Brontotherium ingens, aus dem obern Oligocän oder untern Miocän (White River=Gruppe). (Nach Marsh.) 1. Schädel von der Seite. — 2. Schädel von oben. — 3. Backenzähne des Oberkiefers. — 4. Hinterfuß. — 5. Vorderfuß.

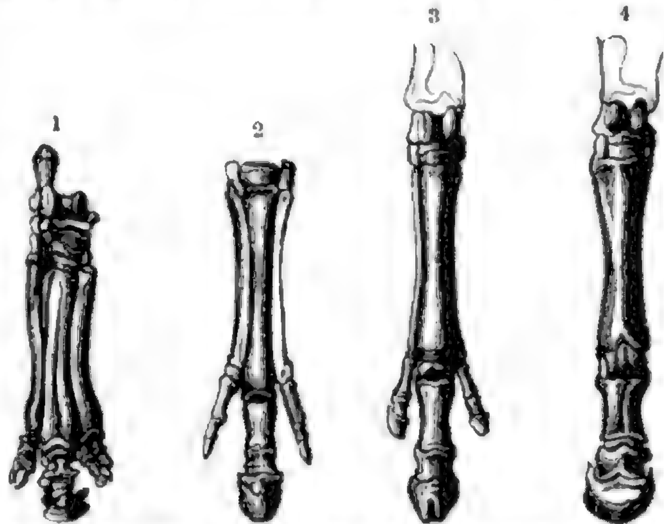
und ihnen folgen auch die Eckzähne, die bei den geologisch ältern, hornlosen Aceratherien noch sehr stark entwickelt, einander sehr genähert und nach vorn gerichtet sind. Die mächtigen Molaren zeigen eine ungefaltete Außenwand und zwei daran sich anschließende Querjoche.

Die ältesten, noch hornlosen Vertreter der Familie, die Aceratherien, kommen im untersten Miocän vor, ihnen folgen bald die echten Nashörner, welche bekanntlich entweder ein oder zwei hintereinander stehende Hörner tragen. Im Miocän, Pliocän und im Diluvium sind dieselben in Europa und ganz Asien sehr verbreitet, in der neuen Zeit aber hat sich ihr Gebiet sehr eingeengt, sie sind heute auf die tropischen Regionen, auf Afrika und Indien, beschränkt. In Amerika scheinen hornlose Formen in großer Zahl in der jüngern Tertiärzeit gelebt zu haben, dagegen die eigentlichen Nashörner zu fehlen; an ihre Stelle tritt das riesige Brontotherium (s. obenstehende Abbildung), bei welchem zwei gewaltige Knochenauswüchse ganz vorn an der Nase zeigen, daß zwei Hörner nicht hintereinander, sondern nebeneinander standen.

Weitaus das größte Interesse unter den Unpaarhufern, ja wohl unter allen Formenreihen der Säugetiere nimmt die Entwickelung des Pferdestammes in Anspruch, des einzigen Zweiges der Unpaarhufer, welcher ein modernes Gepräge angenommen,

Digitized by Google

sich modernisiert hat und infolgedessen noch lebens- und fortbildungskräftig dasteht, während seine wenigen noch überlebenden Verwandten, Tapir und Rhinozeros, dem Aussterben ziemlich nahe scheinen. Die große Bedeutung, welche der Pferdestamm für uns hat, beruht darauf, daß wir hier besser als an irgend einer andern Stelle sehr weit gehende Veränderungen in mehrfachen Abstufungen allmählich eintreten sehen. Schon vor langer Zeit wies der ausgezeichnete englische Anatom und Paläontolog Richard Owen auf diese Umgestaltungen hin. Den Ausgangspunkt bildet eine zu der oben genannten tapiroiden Gattung Palaeotherium gehörige Art, Palaeotherium medium aus dem oligocänen Pariser Gipse, ein dreizehiges Tier, bei welchem die mittlere Zehe zwar am stärksten hervortritt, aber die beiden andern doch noch kräftig entwickelt sind und den Boden berühren. Ihm folgt im Miocän Anchitherium, bei welchem die mittlere Zehe größer ist, die Seitenzehen verkleinert sind und den Boden nicht mehr berühren. Bei dem altpliocänen Hippotherium sind die Seitenzehen schon zu kleinen Rudimenten reduziert, und bei dem Pferde endlich sind von denselben nur noch die sehr schwachen Mittelfußknochen vorhanden (s. nebenstehende Abbildung). Merkwürdigerweise treten, allerdings sehr selten, bei unserm Pferde noch Individuen auf, welche an den Vorderfüßen, manchmal auch an den Hinterfüßen, je eine oder auch zwei schwache Seitenzehen zeigen, wie sie bei Hippotherium normal vorhanden sind, und wir haben es hier offenbar mit einem Falle von Atavismus, mit einem Rückschlage auf die alte Stammform, zu thun (s. Abbildung, S. 454).



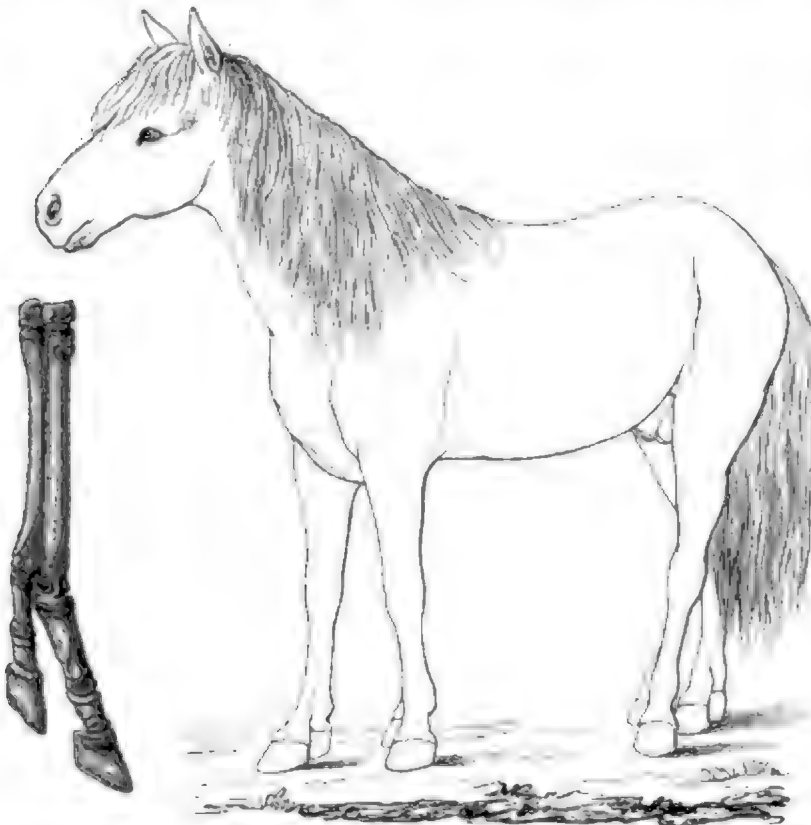
Hinterfüße von 1. Palaeotherium, 2. Anchitherium, 3. Hippotherium und 4. Pferd.

Hand in Hand mit dieser Reduktion der Füße geht eine Umgestaltung des Gebisses vor sich; aus den kurzen, gewurzelten Molaren des Palaeotherium entwickeln sich lange, säulenförmige Zähne, die anfangs nachwachsen in dem Maße, wie sie abgekaut werden, und erst im Alter Wurzeln bilden, und aus dem ursprünglich einfach schmelzfaltigen wird allmählich ein zusammengesetzter, mit verwickelter Schmelzbildung und reichlichem Zement versehener Zahn. Außerdem ist den meisten Pferden der erste Prämolar verloren gegangen, bisweilen aber tritt er als ein kleines rudimentäres Gebilde, als der sogenannte Wolfszahn, auf.

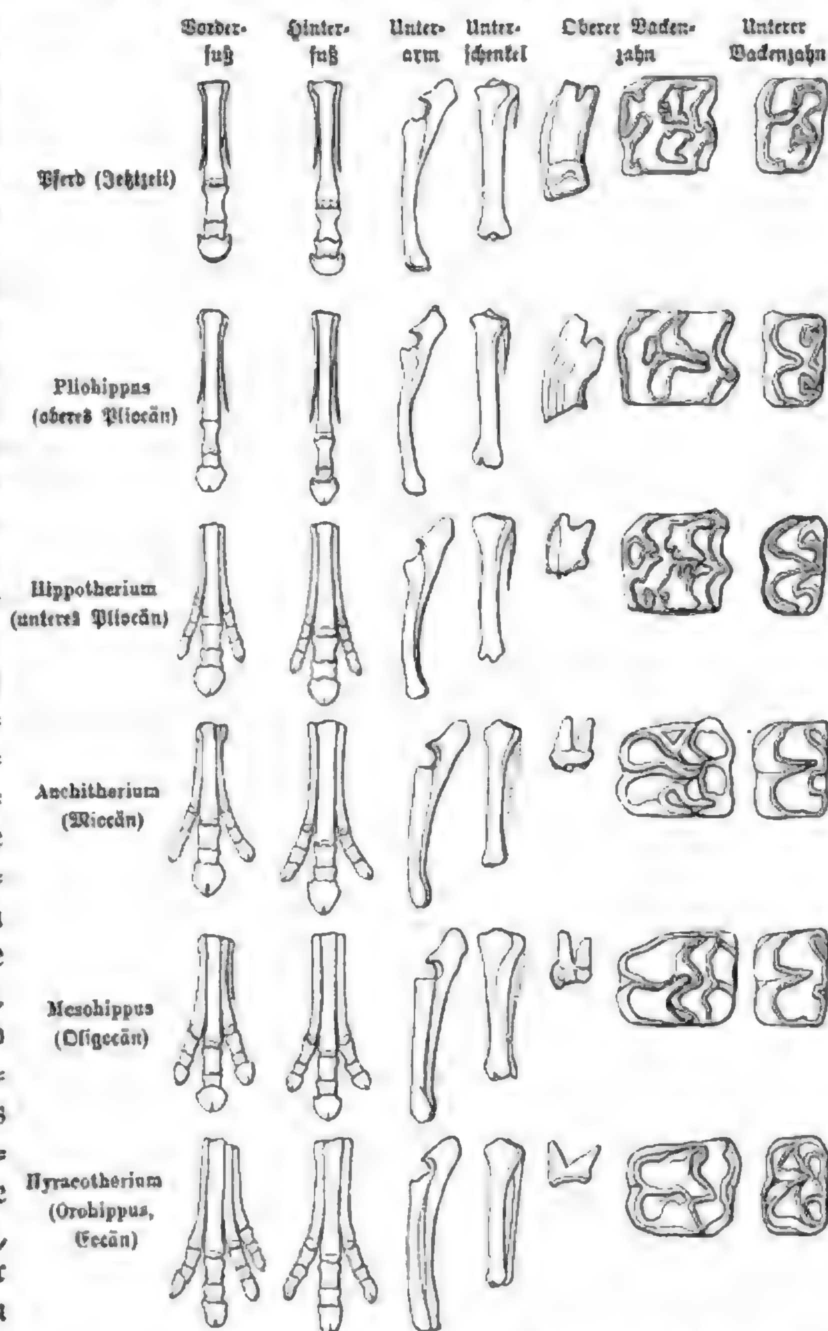
Auch in Amerika finden sich Formen, welche in die Stammgruppe der Pferde gehören, und Marsh hat sogar gezeigt, daß hier die Reihenfolge eine noch etwas größere und reichere ist als in Europa, und der von ihm entworfene Stammbaum ist seither noch erweitert worden. Den Ausgangspunkt bildet die im ältesten Eocän auftretende Gattung Phenacodus mit fünf Zehen, welche oben eingehend besprochen wurde; in wenig jüngern Schichten erscheint eine allerdings bisher noch nicht näher beschriebene Gattung, Eohippus, mit vier Zehen und dem Rudimente einer fünften am Vorderfuße und mit drei Zehen am Hinterfuße; dann folgt Orohippus, nach Cope mit dem europäischen Hyracotherium übereinstimmend, mit vier Zehen vorn und drei hinten, weiter Mesohippus, ein ungefähr dem europäischen Palaeotherium medium entsprechendes Entwickelungsstadium, Anchitherium (Miohippus), dann Hippotherium (Protohippus); zwischen dieses und das Pferd schiebt sich in Amerika noch ein Zwischenglied, Pliohippus, ein, doch scheint sich dasselbe den jungpliocänen Pferden Europas zu nähern, welche nach den Untersuchungen von Forsyth

Major ebenfalls den Hippotherien näher stehen als das jetzt lebende Pferd. Wir gehen hier nicht weiter auf eine Schilderung der amerikanischen Ahnenreihe des Pferdes ein, die Eigentümlichkeiten desselben ergeben sich von selbst aus den Abbildungen, S. 455, welche Hand und Fuß, Unterarm und Unterschenkel, endlich Molaren des Ober- und Unterkiefers in schematischer Darstellung zeigen und so die außerordentlich regelmäßige und vollkommene Reihenfolge erkennen lassen, welche an dem thatsächlichen Vorhandensein einer Stammlinie keinen Zweifel gestattet.

Vergleichen wir die europäische mit der amerikanischen Reihe, so finden wir, daß die einzelnen Glieder derselben in beiden Gebieten sich nicht vollständig decken, sondern manche Abweichungen zeigen; es mag dabei unerörtert bleiben, ob die Unterschiede genügende sind, um die Aufstellung selbständiger Gattungen zu rechtfertigen, jedenfalls ist keine vollständige Übereinstimmung zwischen den beiden Ahnenreihen vorhanden. Man hat das sehr auffallend gefunden, ja man war sogar der sonderbaren Ansicht, daß das Pferd sich aus verschiedenen ganz voneinander abweichenden Tieren entwickelt habe, daß verschiedene Formenreihen, deren Anfänge abweichend gebaut waren, sich im Laufe der Zeit einander immer mehr genähert hätten. Eine solche Ansicht ist aber ganz unrichtig und entspringt einer falschen Auffassung des Wesens der Formenreihen, wie wir sie in diesen Fällen vor uns sehen. Wenn wir die beiden Ahnenreihen des Pferdes ins Auge fassen, so sehen wir allerdings die entscheidenden Merkmale in allmählicher Abstufung umgestaltet, aber wir sind doch sehr weit davon entfernt, vollständige Übergänge in dem Sinne zu finden, daß die einzelnen Arten der verschiedenen Gattungen ineinander verfließen, daß etwa auf der Grenze zwischen zwei Sippen Individuen vorkämen, von denen es zweifelhaft wäre, ob sie zu Anchitherium Aurelianense oder zu Hippotherium gracile gehören. Wir kennen im Gegenteile aus der fortlaufenden Entwickelungsreihe nur einzelne Etappen, die einander zwar nahe genug liegen, um den Beweis für das Vorhandensein eines Abstammungsverhältnisses zu liefern, aber doch auch so weit entfernt, um der Möglichkeit beträchtlicher Schwankungen Raum zu geben. In diesem wie in allen andern ähnlichen Fällen können wir nicht behaupten, daß die bestimmte uns vorliegende Art, z. B. Palaeotherium medium, der Stammvater des Pferdes gewesen sei, sondern nur, daß ein in den Hauptmerkmalen des Fußbaues und Gebisses mit Palaeotherium medium übereinstimmendes Tier diese Urform gewesen sei. Nun müssen


Lebendes Pferd mit überzähligem Hufe. Daneben das Fußskelet desselben. (Nach Marsh.) Vgl. Text, S. 453.

wir berücksichtigen, daß nur sehr selten ein im Fußbaue und Gebisse bestimmt charakterisierter Typus nur durch eine einzige Form repräsentiert ist, sondern wir finden in der Regel eine größere oder geringere Zahl gleichzeitig lebender Gattungen und Arten, die in den Hauptpunkten übereinstimmen, in andern Merkmalen aber voneinander abweichen. So ist der Pferdetypus heute durch Pferd, Esel, Zebra, Quagga 2c. vertreten, der Rindertypus durch Büffel, Bison, gemeines Rind 2c., und Hirsche und vor allem Antilopen zeigen noch größere Mannigfaltigkeit. Ebenso verhielt es sich im Tertiär, die Typen der Hippotherien, der Anchitherien, der Paläotherien waren jeder durch eine größere Anzahl von Formen von verschiedenem Verbreitungsgebiete vertreten, und unsre Methoden sind nicht ausreichend, um zu entscheiden, welche dieser Formen der wirkliche Stammvater war, wenn sie uns auch gestatten, zu erkennen, daß dieser sich innerhalb einer bestimmten, in unsern Sammlungen durch einige wenige Typen vertretenen Formengruppe finden müsse. Nehmen wir an, der Pferdetypus würde sich noch weiter verändern, in einigen Hunderttausend Jahren würde ein Tier existieren, das wir Metahippus (Nachfolger des Pferdes) nennen wollen, bei welchem die Eckzähne ganz verschwunden, die Backenzähne etwas stärker kompliziert sind und selbst im Alter keine Wurzeln bilden und auch von den Mittelfußknochen der Seitenzehen keine Spur mehr vorhanden ist. Der Zukunftspaläontolog jener fernen Zeit wird nun in der Pferdegruppe, die man dann nur noch fossil finden wird, die Ahnen seines Metahippus erkennen, er wird aber nicht entscheiden können, ob dieses sich aus dem Pferde, dem Esel oder dem Zebra entwickelt hat. Genau so verhält es sich mit den tertiären Vorfahren der Pferde; wenn man sagt, daß in Amerika Mesohippus, in Europa Palaeotherium medium als oligocäne Stammform des Pferdes auftritt, so ist damit nichts andres ausgedrückt, als daß die Formengruppe, aus welcher das Pferd herstammt, damals in Europa durch die



Die amerikanische Stammreihe der Pferde. (Nach Marsh.) Vgl. Text, S. 454.

eine, in Amerika durch die andre Art vertreten war. Welche von beiden wirklich die Stammform ist, oder ob als solche eine dritte, uns heute noch gar nicht bekannte, aber mit jenen nahe verwandte Art fungiert hat, können wir mit unsern Mitteln nicht sicher entscheiden, und darum ist auch die Diskussion, ob der Pferdestamm sich in der Alten oder in der Neuen Welt entwickelt habe, für jetzt eine ziemlich müßige.

War der Stamm der Unpaarhufer im ältern Tertiär der herrschende, so tritt im jüngern Tertiär derjenige der Paarhufer an seine Stelle; es fehlen zwar die letztern im Eocän und Oligocän ebensowenig wie die erstern in den spätern Zeiten, aber die erste Stelle unter den Pflanzenfressern geht von diesen auf jene über, und vor allem sind es die Wiederkäuer, die Hirsche, Antilopen, Schafe, Ziegen und Rinder, welche in den Vordergrund treten. So sehr aber auch heute die Paarhufer über die Unpaarhufer überwiegen, so kann man doch in der Gruppierung der jetzt lebenden Formen bei beiden einen merkwürdigen Parallelismus beobachten. In beiden Ordnungen finden wir eine isolierte Form, in welcher sich mit nur unbedeutenden Änderungen der in sehr alten Ablagerungen herrschende Typus erhalten hat: Tapir auf der einen, Flußpferd auf der andern Seite; in beiden Ordnungen erscheint ferner eine formenreichere Gruppe, welche jener ersten verwandt, aber doch stärker abgeändert und im Fußbaue etwas reduziert ist, in der Form der Backenzähne etwas größere Komplikation zeigt: Nashörner und Schweine, und endlich haben wir jederseits eine hoch differenzierte und in Entwickelung begriffene Gruppe: Pferde und Wiederkäuer.

Der Unterschied zwischen Schweinen und Wiederkäuern, wie sie uns heute entgegentreten, ist ein sehr großer und scharfer. Die erstern haben vollständiges Gebiß, den letztern fehlen im Oberkiefer Eck- und Schneidezähne, oder sie sind nur schwach und nicht in voller Zahl entwickelt (bei Moschustieren und Kamelen), die Schweine haben höckerige Backenzähne, bei den Wiederkäuern bestehen sie aus Halbmondfalten. Endlich ist der Fuß bei den letztern auf zwei Zehen reduziert (mit Ausnahme der Moschustiere) und die Mittelhandknochen der zwei vorhandenen Zehen (der dritten und vierten) miteinander zu einem kompakten Knochen, dem Kanonenbeine, verschmolzen, während die Schweine vier Zehen haben und nur beim Pekkari eine Verwachsung in Mittelhand und Mittelfuß begonnen hat. Dazu gesellt sich noch die Einrichtung des Magens, welche das Wiederkäuen gestattet, die aber natürlich für den Paläontologen ohne Bedeutung ist, da sich fossile Spuren derselben nicht erhalten können.

Verfolgen wir nun die Wiederkäuer in ältere Ablagerungen zurück, so stellt sich vollkommenes Gebiß ein, das Kanonenbein löst sich in zwei Stücke auf, vier Zehen sind vorhanden, aber die Gestalt der Backenzähne erhält sich bis in sehr alte Tertiärbildungen. Für den ganzen Stamm ist also die Form der Molaren in erster Linie charakteristisch, und man bezeichnet daher die ganze Entwickelungsreihe, welche in den Wiederkäuern gipfelt, als die der Halbmondzähner oder Selenodonten und stellt ihnen die Schweine und ihre Verwandten als Höckerzähner oder Bunodonten gegenüber.

Nach dem, was oben über die Bedeutung des Höckertypus gesagt wurde, kann nicht der mindeste Zweifel herrschen, daß die Bunodonten den ursprünglichern Typus darstellen, und daß die Selenodonten sich aus denselben entwickelt haben müssen, wenn überhaupt eine Stammverwandtschaft zwischen beiden anzunehmen ist. Schon unter den alten, fünfzehigen Kondylarthren der Puercogruppe in Amerika finden sich Formen, welche sich im Gebisse und in der Fußbildung dem Schweinestamme nähern (Periptychiden), und in spätern eocänen Bildungen treten dann echte Bunodonten auf (z. B. Achaenodon, Pantolestes), aus denen dann allmählich die Schweine sich entwickelt haben. Typen dieses Stammes sind zwar im ältern Tertiär ziemlich spärlich, doch kennen wir solche in Choeropotamus und einigen andern; von ihnen führt dann die Reihe durch die Gattungen Palaeochoerus

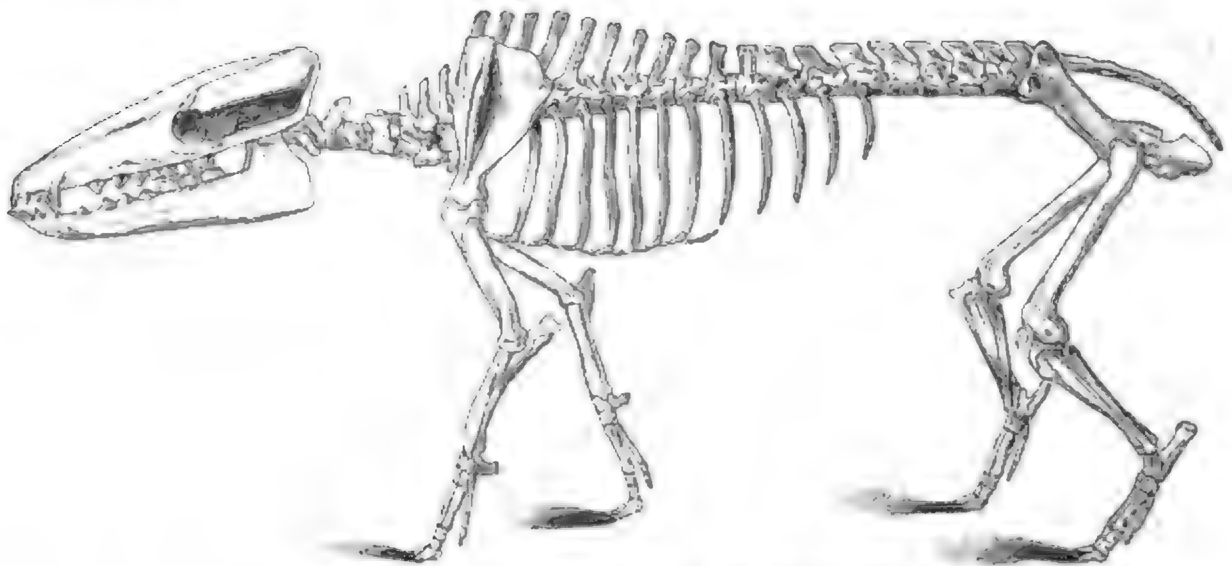
und Hyotherium zu den im untern Pliocän zuerst vorkommenden echten Schweinen. Stärkere Komplikation der Backenzähne und eine, allerdings ziemlich schwache, Vereinfachung des Fußbaues charakterisieren diesen verhältnismäßig konservativen Stamm, eine noch weiter gehende Ausbildung des Gebisses als bei den eigentlichen Schweinen finden wir bei der afrikanischen Gattung Phacochoerus, welche den Beginn der Ausbildung fortwährend wachsender Zähne zeigt, während bei dem amerikanischen Pekkari (Dicotyles) eine etwas stärkere Reduktion der Füße statthat und die Mittelfußknochen der dritten und vierten Zehe zu verschmelzen anfangen. Allerdings ist die Veränderung nicht bei allen schweineähnlichen Tieren so langsam vor sich gegangen, schon im Oligocän treten im Elotherium (Entelodon) und Archaeotherium Formen auf, bei welchen nur zwei Zehen vorhanden sind; aber bei diesen ist die Vereinfachung auf inadaptivem Wege vor sich gegangen, und wie alle Tiere, bei welchen dies der Fall ist, sterben auch diese bald aus, ohne Nachkommenschaft zu hinterlassen (s. S. 434 und 435).

Neben diesen abgeänderten Formen stellt uns das Flußpferd oder Hippopotamus einen in den meisten Beziehungen ganz ursprünglichen Typus dar; die Füße zeigen kaum Spuren einer Reduktion, und auch die Backenzähne besitzen die ursprüngliche vierhöckerige Gestalt; die Eckzähne bilden mächtige Hauer, während die Schneidezähne gerade nach vorn gerichtet sind. Die geologisch ältern Hippopotamen aus den Sivalikablagerungen Indiens und aus Algerien haben sechs Schneidezähne (Hexaprotodon), während die im jüngsten Tertiär und im Diluvium Europas vorkommenden und die lebenden Arten nur vier Schneidezähne besitzen (Tetraprotodon). Während die geographische Verbreitung der Flußpferde jetzt auf die Ströme und Seen Afrikas beschränkt ist, war dieselbe in einer geologisch gesprochen sehr jungen Vorzeit eine viel größere. In England, Frankreich, Süddeutschland, Italien und in der Türkei tritt im jüngsten Tertiär und ältesten Diluvium eine Art auf (Hippopotamus major), die dem jetzt lebenden großen Flußpferde Afrikas (Hippopotamus amphibius) sehr nahe steht und von vielen für vollständig mit demselben übereinstimmend gehalten wird, auf Sizilien, Malta und Kreta finden sich häufig Reste einer kleinen Art (Hippopotamus Pentlandi), die vielleicht mit dem kleinen Flußpferde aus Liberia in Westafrika verglichen werden kann, und außerdem sind andre Formen aus Indien und Madagaskar bekannt. Von besonderm Interesse ist das Vorkommen von Hippopotamen in sehr jungen Ablagerungen kleinerer Inseln, auf welchen heute deren Existenz unmöglich wäre, wie auf Malta und in den Geröllablagerungen trockner Hochebenen auf Kreta. Sie bilden den unumstößlichen Beweis, daß in diesen Gegenden in einer sehr jungen Zeit noch bedeutende Flüsse oder Seen existiert haben müssen, deren Vorhandensein bei den heutigen Umrissen des Landes unmöglich wäre; ferner, daß Malta und Kreta noch vor kurzem Teile größerer kontinentaler Massen waren, und daß, wie aus andern Anhaltspunkten hervorgeht, jenes noch in diluvialer Zeit mit Afrika, dieses mit Kleinasien zusammenhing.

Im Gegensatze zu den Bunodonten mit ihrer einfachen und wenig gegliederten Entwickelung zeigen die Halbmondzähner oder Selenodonten außerordentliche Mannigfaltigkeit und übergroßen Formenreichtum. Wie schon erwähnt, liegt die Annahme nahe, daß sie von höckerzahnigen Tieren abstammen, und in der That finden sich im ältern Tertiär zahlreiche Gattungen, welche in der Bildung der Backenzähne den Übergang vermitteln; bei ihnen sind die Halbmonde außerordentlich wulstig und dick und verlieren dadurch an Deutlichkeit, sie sind von einem Halbmonde gekrönte Höcker, und von dieser „seleno-bunodonten" Zahnform führen dann die verschiedensten Übergänge zum reinen Höckergebisse.

Einen ersten Typus dieser Art bildet die Familie der Hyopotamiden, welche wahrscheinlich von den bunodonten Chöropotamen abstammen; sie haben vollständiges Gebiß von 44 Zähnen, die Backenzähne bestehen wie bei allen geologisch ältern Selenodonten aus

fünf Halbmonden, welche meist durch ihre plumpe Gestalt zur Höckerbildung neigen; die Füße sind vierzehig, nur wenig, aber in inadaptiver Weise reduziert, und daher ist auch die ganze Gruppe ohne Nachkommen ausgestorben. Wir kennen Reste einer sehr großen Anzahl solcher Hyopotamen aus dem ältern Tertiär, doch ist leider die große Mehrzahl derselben nur in sehr unvollständigen Resten bekannt, so daß wir uns nur von einzelnen derselben ein vollständiges Bild machen können. Ein Beispiel für die allgemeinen Verhältnisse derselben mag uns die am vollständigsten bekannte, wenn auch von dem ursprünglichen Typus schon etwas abweichende Gattung Anthracotherium geben, welche in den oberoligocänen Kohlenablagerungen Europas außerordentlich verbreitet ist. Die größten Arten dieser Gattung erreichen die Dimensionen eines Flußpferdes, aber sie weichen in den Verhältnissen des Körpers von diesem wesentlich ab; in diesen stehen sie dem Schweine wohl unter allen Tieren am nächsten, wir können uns Anthracotherium magnum (s. untenstehende Abbildung) wie ein riesig großes Wildschwein ohne Hauer und mit abgeflachter Schädelgestalt



Anthracotherium magnum, restauriert. (Nach Kowalevsky.)

vorstellen. Ja, die äußere Ähnlichkeit der Hyopotamiden mit den Schweinen in Verbindung mit der dicken Form der Halbmonde auf den Backenzähnen war sogar Veranlassung, dieselben direkt bei den Schweinen einzureihen, eine Auffassung, die früher ziemlich allgemein war und auch heute noch von einigen Paläontologen festgehalten wird.

Eine zweite Formengruppe mit meist noch sehr dicken Halbmonden der Backenzähne (seleno-bunodont) sind die Anoplotheriden. Auch hier sind die Zähne noch in ihrer vollen Zahl vorhanden, die Füße aber zeigen sehr starke Reduktion wie bei den Wiederkäuern, indem nur noch zwei Zehen oder von 1—2 Seitenzehen nur noch wenig bedeutende Reste existieren. Vor allem charakteristisch ist, daß bei ihnen die Verminderung der Zehen auf inadaptive Weise vor sich geht, daß mit den Seitenzehen auch deren Wurzelknochen schwinden und nicht von den zurückbleibenden zwei Hauptzehen okkupiert werden. Auch diese Tiere gehören alle dem ältern Tertiär und namentlich dem obern Eocän und dem untern Oligocän an; gleich den heutigen Wiederkäuern waren sie offenbar ausschließlich Pflanzenfresser, und gleich ihnen scheinen sie in großen und zahlreichen Herden gelebt zu haben, wie aus ihrem zahlreichen Vorkommen an manchen Orten geschlossen werden kann. Namentlich im Pariser Becken sind dieselben sehr häufig; hier tritt Anoplotherium auf, ein langschwänziges Tier, ungefähr von der Größe eines Hirsches bis zu der eines Rehes,

mit schwach entwickelten Eckzähnen und ohne irgend welche Angriffs- und Verteidigungswaffen, ferner Xiphodon, ein gazellenartig schlankes Tier, bei welchem wie bei dem lebenden Moschustiere die Eckzähne des Oberkiefers stark entwickelt waren und vorsprangen. Es sind das Gattungen, welche schon darum bemerkenswert sind, weil sie zu den am frühsten durch Cuviers klassische Untersuchungen bekannt gewordenen Säugetieren der Vorzeit gehören; in Verbindung mit einer Reihe verwandter Typen mochten sie in den obereocänen und unteroligocänen Wäldern Europas die Rolle spielen, welche heute den Hirschen und Rehen zukommt. So zahlreich aber auch ihre Menge war, so verschwinden sie doch wie alle inadaptiv gebauten Formen sehr rasch, sie bilden unfruchtbare Triebe am Stammbaume der Huftiere. Ein Formenkreis, dessen Nachkommen aller Wahrscheinlichkeit nach noch heute existieren, tritt uns in der ungefähr um die Mitte des Tertiär in Amerika überaus verbreiteten Familie der Oreodontiden entgegen; auch hier ist ein vollständiges Gebiß von 44 Zähnen vorhanden[1], die Backenzähne sind schon entschieden halbmondfaltig. Im Baue der Hirnkapsel erinnern die Oreodonten ziemlich auffallend an die Kamele, während im Gesichtsteile des Schädels neben Wiederkäuercharakteren entschiedene Ähnlichkeit mit den Schweinen hervortritt. Am Fuße sind vier wohl entwickelte Zehen vorhanden. Man hat Oreodon und seine verschiedenen Verwandten wiederkäuende Schweine genannt, eine Bezeichnung, die zwar die wirklichen Verwandtschaftsverhältnisse nicht richtig wiedergibt, wohl aber von der äußern Erscheinung und von der Lebensweise derselben eine annähernd richtige Vorstellung geben mag. Während sie in Amerika nach der außerordentlichen Häufigkeit in gewissen Ablagerungen in zahllosen Herden existiert haben müssen, hat sich in Europa noch keine Spur gefunden; die Gattung Cainotherium kann hier als ein ungefähres Analogon betrachtet werden. Typische Oreodonten leben heute nicht mehr, sie sind längst ausgestorben, wohl aber scheinen sie stark abgeänderte Nachkommen in den Schwielenfüßern (Tylopoden) oder Kameliden hinterlassen zu haben. Die Kamele stehen den Wiederkäuern zwar sehr nahe und werden in der Regel geradezu unter diese gerechnet, immerhin aber unterscheiden sie sich durch manche sehr wichtige Merkmale, durch das Vorhandensein von Schneidezähnen im Oberkiefer, durch die Form des Schädels, das Fehlen des sogenannten Blättermagens, endlich in der Bildung der Füße; alle Versuche, sie als einen Seitenzweig der echten Wiederkäuer aufzufassen, sind ohne Erfolg geblieben, und schon dadurch wird die Annahme nahegelegt, daß sie einem selbständigen, aber jenen nahe verwandten Stamme angehören, der sich in ganz paralleler Richtung entwickelte. Da nun in einer Reihe von Merkmalen, namentlich im Gebisse, entschiedene Verwandtschaft zwischen Kamelen und Oreodonten vorhanden ist, so wird eine Abstammung von diesen sehr wahrscheinlich.

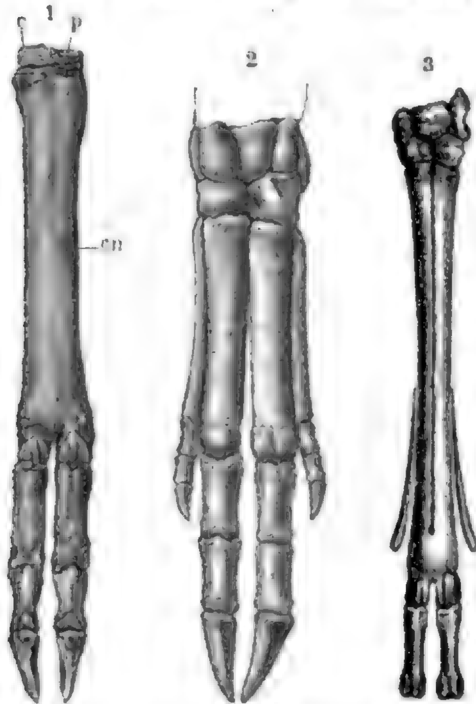
Dadurch wird uns die Familie der Tylopoden oder Kameliden als ein spezifisch nordamerikanischer Stamm bezeichnet, und in der That finden sich die ältesten Vertreter desselben, die Gattungen Poëbrotherium, Protolabis, Procamelus, Homocamelus, Leptauchenia, ausschließlich in diesem Erdteile, ja, man kann hier Poëbrotherium als die Grundform bezeichnen, aus welcher sich einerseits die echten Kamele, anderseits die Lamas entwickelt haben. Während aber alle die alten Vertreter und die Mehrzahl der Gattungen hier vorkommen, haben heute die Tylopoden Nordamerika vollständig verlassen, die Lamas

---

[1] Die Zahnformel der Oreodonten ist die normale $\frac{3.1.4.3}{3.1.4.3}$; allerdings aber findet man oft die Angabe $\frac{3.1.4.3}{4.1.3.3}$, und in der That sind im Unterkiefer acht ähnlich gestaltete Zähne, die als Schneidezähne betrachtet werden könnten, dann folgt ein etwas größerer, spitzer Zahn, scheinbar der Eckzahn. Betrachtet man aber die Stellung der Zähne in beiden Kiefern zu einander, so sieht man, daß die Zahnlücke für den Eckzahn des Oberkiefers im Unterkiefer nicht wie sonst immer hinter, sondern vor dem sogenannten Eckzahne liegt; der sogenannte vierte Schneidezahn des Unterkiefers ist also Eckzahn, der sogenannte Eckzahn erster Prämolar.

sind ausschließlich südamerikanisch, echte Kamele gibt es nur in Asien und Afrika; ihr erster Vertreter findet sich hier in jungtertiären Ablagerungen Indiens.

Weitaus am wichtigsten unter allen Paarhufern ist der formenreiche Stamm der echten Wiederkäuer, welcher in der Jetztwelt die Moschustiere, Hirsche, Giraffen und die Hohlhörner, nämlich Antilopen, Ziegen, Schafe und Rinder, umfaßt. Kurz vor der Mitte der Tertiärzeit treten sie vereinzelt auf und verdrängen in kurzer Zeit alle übrigen halbmondzähnigen Huftiere, mit Ausnahme der sich ihnen eng anschließenden Kamele, so daß sie im jüngern Tertiär und in der Jetztzeit die herrschende Abteilung unter den Pflanzenfressern bilden. Umgestaltungsfähigkeit des Gebisses und adaptive Reduktion der Füße verleihen ihnen ein gewaltiges Übergewicht über alle ihre nahen Stammverwandten, die von ihnen verdrängt werden.



1. Hand eines Schafes: cp Handwurzel. — cn Kanonenbein. — 2. Hand von Hyaemoschus und 3. Hirsch.

Es entsteht die Frage, wie denn gerade um diese Zeit eine neue und entwickelungsfähige Richtung der Abänderung bei den Paarhufern aufkommt, die so rasch überhandnahm. Es hängt diese Erscheinung, wie Kowalevsky gezeigt hat, ursachlich mit einer großen Veränderung in der Vegetation zusammen, indem um diese Zeit Gräser in großer Menge aufzutreten begannen; damals zuerst scheinen weite Wiesenländer vorhanden gewesen zu sein, welche reiches Futter für Pflanzenfresser boten, aber ein Futter, das verhältnismäßig wenig eigentliche Nährstoffe, Proteinsubstanzen, enthält. Es mußten infolgedessen sehr große Mengen von Nahrung aufgenommen werden, und die Veränderung der Vegetation kam also vorzüglich denjenigen Pflanzenfressern zu gute, deren Gebiß sich der Zerkleinerung, deren Magen sich der Verdauung des massenhaften Grasfutters am besten anbequemen konnte, und deren Füße die für diese Lebensweise unbedingt notwendige Raschheit und Ausdauer der Bewegung zu erlangen im stande waren.

Von Merkmalen der Wiederkäuer ist das Fehlen der Schneidezähne im Oberkiefer zu nennen, ferner sind auch bei der großen Mehrzahl die Eckzähne des Oberkiefers verschwunden. Im Unterkiefer sind vorn acht spatelförmige Zähne, welche zum Abreißen der Pflanzen dienen, dann folgen, durch eine weite Zahnlücke getrennt, die Backenzähne, deren meist sechs vorhanden sind. Eine Schwierigkeit für die Deutung bilden die acht Spatelzähne des Unterkiefers; außer bei Beuteltieren findet man nie mehr als sechs Schneidezähne, so daß deren große Zahl bei den Wiederkäuern befremden müßte. Hier geben uns die oben bei Oreodon geschilderten Verhältnisse die richtige Deutung an die Hand, auch bei den Wiederkäuern haben die untern Eckzähne Spatelform angenommen, und es sind in Wirklichkeit jederseits drei Schneidezähne und ein Eckzahn. In der Fußbildung ist die adaptive Reduktion auf zwei Zehen und die Verschmelzung der Mittelfußknochen dieser Zehen zu einem Kanonenbeine von größter Wichtigkeit, doch ist diese Umgestaltung nicht bei allen Formen gleichweit gediehen (s. obenstehende Abbildung); bei den geologisch ältesten Vertretern ist dieselbe noch nicht ganz vollzogen, und auch in der Jetztwelt hat sich in den Moschustieren und ihren Verwandten eine kleine Tiergruppe erhalten, welche mehr oder weniger noch auf dem Stande ihrer oligocänen und miocänen Vorfahren zurückgeblieben ist.

Im allgemeinen läßt sich die Entwickelung der Wiederkäuer mit wenigen Worten in der Weise darstellen, daß zuerst sich hirschähnliche Tiere mit noch unvollständig reduzierten Füßen, mit starken Eckzähnen im Oberkiefer und ohne Geweih zeigen, die ihre wenig veränderten Nachkommen heute in den Moschustieren haben; aus diesen entwickeln sich geweihlose und dann geweihtragende Hirsche, von diesen zweigen die Antilopen ab, von welchen ihrerseits wieder Schafe, Ziegen und Rinder herstammen; außerdem sind noch einige sehr abweichend gebaute Gruppen, Giraffen und Sivatherien, zu erwähnen. Als die Stammform aller Wiederkäuer werden von Schlosser die Dichobunen des untern Oligocän betrachtet, welche namentlich im Pariser Gipse auftreten, kleine Tiere mit vier Zehen und mit vollständigem Gebisse, das im Baue der Molaren dem der Wiederkäuer nahesteht, und in der That ist es wahrscheinlich, daß diese sich aus den Dichobunen oder aus einer nahe verwandten Form entwickelt haben.

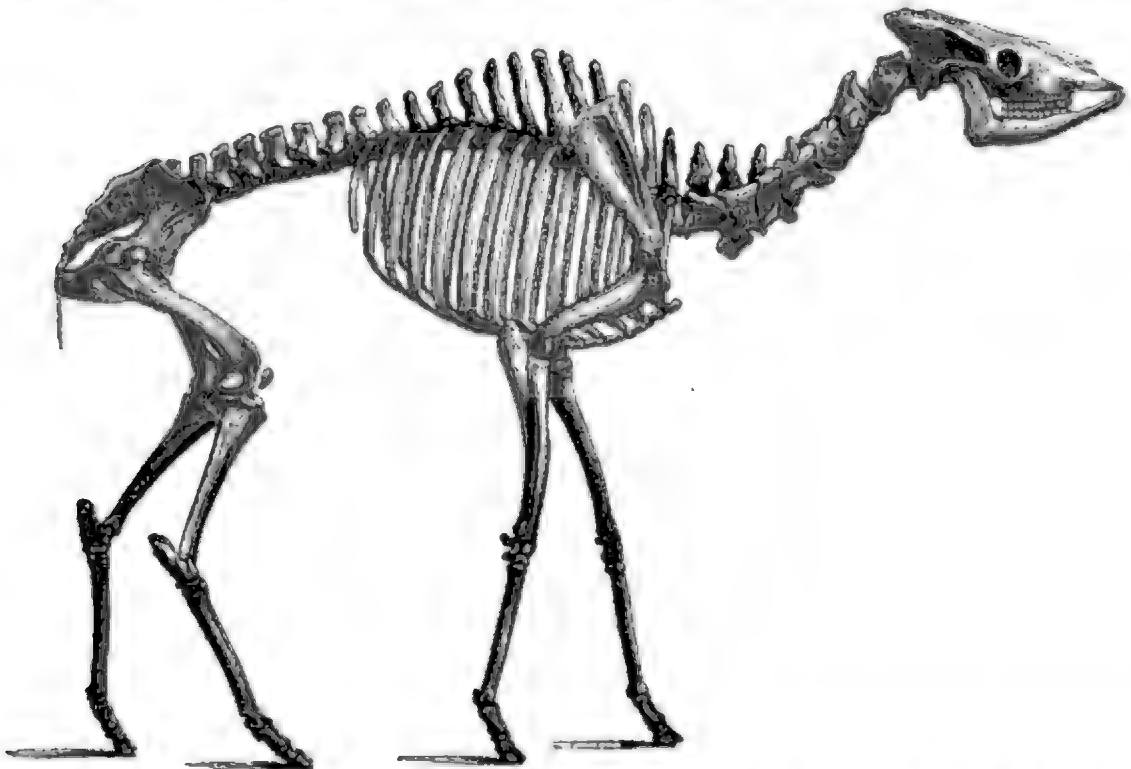
Unter den geologisch alten moschusähnlichen Stammwiederkäuern sind namentlich Gelocus, Prodremotherium und Hyaemoschus zu nennen. Bei der im Fußbaue am wenigsten reduzierten Gattung, bei dem auch noch lebenden Hyaemoschus, sind außer den beiden Hauptzehen noch zwei vollständige, wenn auch kleine Seitenzehen vorhanden, und eine Verwachsung der Mittelfußknochen findet an den Vorderfüßen gar nicht, an den Hinterfüßen nur im Alter statt. Die übrigen Formen bilden dann Zwischenstufen, welche uns zur typischen Entwickelung des Wiederkäuerfußes hinüberführen.

Wir gelangen dadurch zu den Hirschen, welche sich von den bisher besprochenen Formen durch volle Entwickelung des Kanonenbeines, geringe Größe oder vollständiges Fehlen der obern Eckzähne und durch gewisse Einzelheiten des übrigen Zahnbaues unterscheiden. Das bekannteste und augenfälligste Merkmal der jetzt lebenden Hirsche, das Geweih, ist kein allgemein gültiger Charakter, indem dasselbe einigen der geologisch ältern Formen noch fehlt. Von Antilopen, Schafen und Rindern sind die Hirsche, abgesehen von dem Geweihe, namentlich durch die gestreckte Form des Schädels und durch die Form der Backenzähne verschieden, welche bei den Hirschen nicht so lang sind und frühzeitig Wurzeln bilden; außerdem sind die Zähne bei ihnen nicht säulenförmig, sie sind unten am breitesten und verschmälern sich nach oben, sie tragen an der Basis eine kleine Warze, während ihnen accessorische Säulen fehlen.

Als ein Vertreter der alten Hirsche kann die Gattung Palaeomeryx genannt werden, in welcher sich Arten mit und ohne Geweih vereinigen; die Entwickelung des letztern ist hier vor allem von Interesse, und wir müssen daher dessen Bildung etwas ins Auge fassen. Das Geweih, das bei den meisten Arten nur beim Männchen, beim Renntiere auch beim Weibchen vorhanden ist, besteht aus einem soliden Hautknochen, welcher einem Knochenfortsatze der Stirn, dem sogenannten Rosenstocke, aufsitzt; das eigentliche Geweih hat unten, wo es dem Rosenstocke aufsitzt, eine kranzförmige Verdickung, die Rose. Das Geweih wird bekanntlich alle Jahre gewechselt, indem dasselbe samt der Rose abgeworfen wird; an seiner Stelle tritt zunächst eine weiche, an Blutgefäßen reiche Erhabenheit auf, welche fortwächst und das neue Geweih bildet, welches endlich erstarrt und verknöchert; dasselbe ist nun noch von der Haut umgeben, später trocknet diese ein und wird abgestoßen, womit der Neubildungsprozeß vollendet ist. Beim Edelhirsche tritt zuerst eine einfache Stange auf, er wird nun ein Spießer genannt; nach dem ersten Wechsel tritt an der Stange ein Nebenzacken auf, er ist nun ein Gabler; im dritten Jahre erscheinen zwei Seitenzacken oder Enden, und weiterhin vermehrt sich die Zahl der Enden noch durch einige Jahre um je eins auf jeder Seite. Nicht alle Hirsche erreichen so hohe Entwickelung des Geweihes, bei manchen bleibt es geringer, und der Muntjak der malayischen Region bleibt sein ganzes Leben hindurch ein Gabelhirsch, d. h. er hat nur eine Stange mit einem

Seitenzacken. Dieselbe Entwickelung finden wir auch bei den geologisch ältesten Hirschen, die Geweih tragen, speziell Palaeomeryx bleibt immer ein Gabler, während etwas später Hirsche mit zwei Seitenzacken am Geweihe, einem Sechsender oder dem erwachsenen Axishirsche Indiens entsprechend, auftreten. Im jüngern Pliocän finden sich dann sogar Hirsche, welche an mächtiger Entwickelung des Geweihes die stärksten Edelhirsche und selbst den amerikanischen Wapitihirsch übertreffen.

Nach dem Baue des Schädels und des Gebisses schließen sich den Hirschen die ziemlich isoliert dastehenden Giraffen (Camelopardalis) am nächsten an, welche jetzt nur in Afrika vorkommen, deren Reste sich aber auch in den ältesten Pliocänbildungen Europas finden. Namentlich bei Pikermi in Griechenland hat sich eine Art gefunden, welche durch Schlankheit der Glieder selbst ihre jetzt lebenden Verwandten übertrifft. Zusammen mit den Giraffen



Helladotherium Duvernoyi, ein giraffenartiges Tier aus dem untern Pliocän von Pikermi bei Athen. (Nach Gaudry.)

findet sich im untern Pliocän noch ein andres verwandtes Tier, das Helladotherium (s. obenstehende Abbildung), das nicht ganz dieselbe gewaltige Größe erreichte, und welchem namentlich die außerordentliche Höhe des Vorderteiles und die enorme Länge des Halses fehlt, und das daher die Giraffen den übrigen Wiederkäuern näher bringt.

Die höchste Abteilung der Wiederkäuer bilden die Hohlhörner oder Kavikornier, zu welchen die Antilopen, Schafe, Ziegen und Rinder gehören. Der augenfälligste Charakter derselben besteht in der Bildung der Hörner, welche sich von den Geweihen der Hirsche sehr wesentlich unterscheiden: bei den Hohlhörnern setzt sich nicht auf einen kurzen Knochenzapfen des Schädels ein Hautknochen, der jährlich gewechselt wird, sondern die Knochenzapfen des Schädels sind groß und stark entwickelt und werden von einer einfachen Hornscheide überzogen, die nicht gewechselt wird. Außerdem ist der Schädel nicht so gestreckt und allmählich verschmälert wie bei den Hirschen, dem Gebisse fehlen die Eckzähne stets, die Backenzähne sind länger, mehr säulenförmig, sie wachsen länger fort und setzen erst später Wurzeln an, die Kaufläche ist komplizierter gebildet, dagegen sind die Basalwülste der Hirsche nicht oder nur schwach entwickelt. Die Unterschiede im Gebisse und namentlich in den

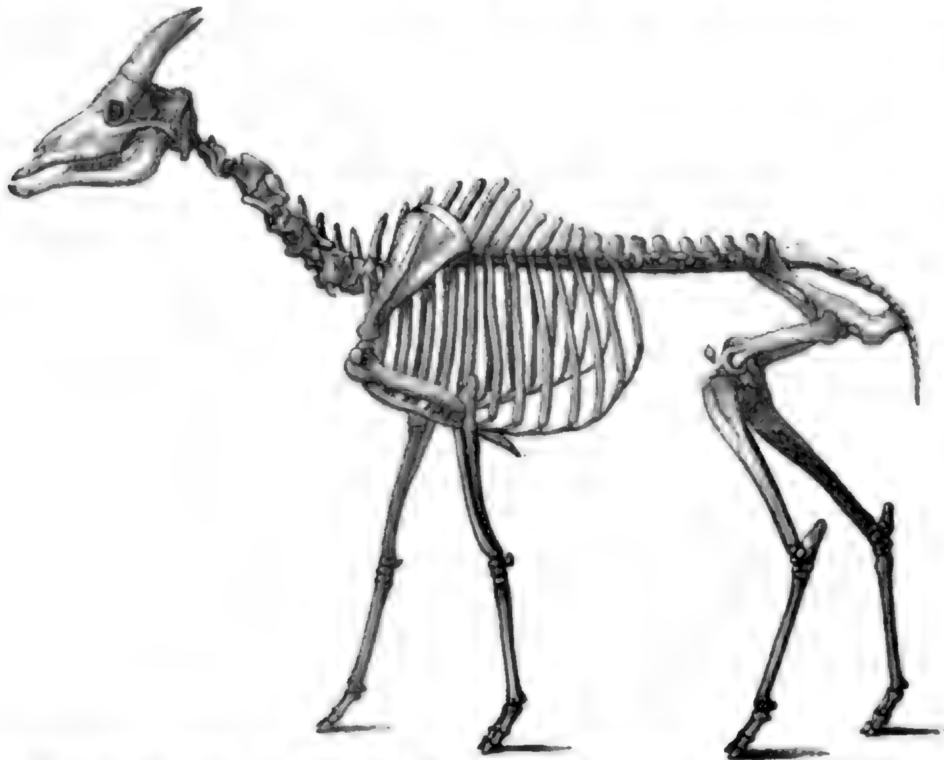
Backenzähnen sind von sehr großer Wichtigkeit, ja vielleicht von größerer Bedeutung als diejenigen in der Bildung von Geweih und Horn, aber sie geben keine ganz strenge Scheidung der beiden Abteilungen der Hirsche und der Hohlhörner; unter den Antilopen gibt es eine Anzahl von Formen, z. B. die Gazellen, deren Backenzähne denjenigen der Hirsche noch sehr nahe stehen, und diese Ähnlichkeit weist auf nahe Verwandtschaft beider Gruppen, vermutlich auf Abstammung der Antilopen von geologisch alten hirschähnlichen Tieren hin. Es entsteht nun die Frage, ob auch in der Bildung des Gehörnes ein Übergang oder wenigstens eine Annäherung beider Typen bemerkbar wird. Es ist das in der That der Fall. Bei den miocänen Gabelhirschen der Gattung Palaeomeryx (s. untenstehende Abbildung) ist in der Regel der Hornzapfen des Geweihes sehr lang, der Rosenstock schwach entwickelt; außerdem kommen aber unter den ältesten Hirschen, welche sich in den miocänen Sandablagerungen der Umgebung von Orléans finden, nach Gaudry auch Formen vor, deren Geweih keine Rose trägt, sondern einen homogenen Knochenfortsatz des Schädels bildet, bei welchen also ein jährlicher Wechsel nicht stattgefunden zu haben scheint. Solche Tiere sind nun auch anderwärts, namentlich in Nordamerika, fossil gefunden worden, und offenbar haben wir in solchen Gebilden, welche aber ganz die äußere Gestalt von Hirschgeweihen zeigen, ein Bindeglied zwischen beiden Gruppen, nicht etwa den Stammvater der Antilopen, wohl aber eine Form, welche zeigt, daß der Unterschied zwischen Horn und Geweih kein absoluter ist. Um so wichtiger ist es, daß sich bis in die Jetztzeit in dem amerikanischen Gabelbocke (Antilocapra americana) ein Tier erhalten hat, welches in merkwürdigster Weise die Eigentümlichkeit der Hirsche mit jener der Antilopen vereinigt. Der Gabelbock hat, wie der Name ausdrückt, gezacktes Gehörn wie ein Hirsch, aber dieses besteht, wie bei Hohlhörnern, aus einem langen Knochenzapfen mit einer schwachen Hornscheibe, diese letztere wird jedoch gewechselt wie das Geweih eines Hirsches.

1. Geweih eines tertiären Gabelhirsches mit sehr langem Rosenstocke und sehr schwacher, hoch gelegener Rose (r). (Nach Kaup.) — 2. Geweih eines miocänen Gabelhirsches ohne Rose. (Nach Gaudry.)

Die Antilopen beginnen im Miocän und erreichen im Pliocän ziemlich große Entwickelung; namentlich Griechenland scheint damals von zahllosen Herden dieser Tiere belebt gewesen zu sein, denn der rote Lehm von Pikermi ist stellenweise mit ihren Resten ganz erfüllt. Allerdings zeigen sie noch nicht jene außerordentliche Formenfülle, die sie heute namentlich in Afrika erreichen, doch waren sie jedenfalls die häufigste und mannigfaltigste Familie der damaligen Wiederkäuer.

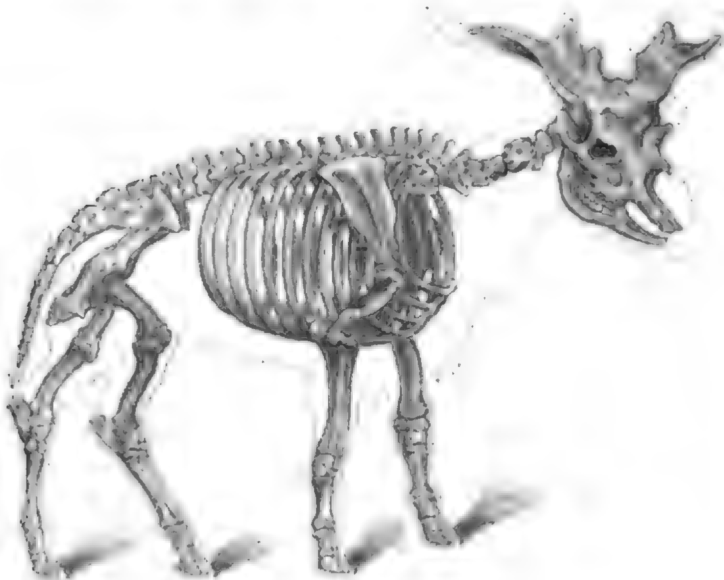
Während manche Antilopen sich im Gebisse eng an die Hirsche anschließen, nähern sich andre den Schafen (mit Einschluß der Ziegen) und den Rindern, die sich offenbar aus ihnen entwickelt haben; sie bilden, wie Rütimeyer bemerkt, die Mutterlauge, aus der die übrigen Typen gleichsam auskristallisierten. So sehen wir in der altpliocänen Antilope Tragoceras amaltheus (s. Abbildung, S. 464 oben) eine Form, deren Hörner nicht mehr den runden Querschnitt wie bei andern Antilopen zeigen, sondern wie bei Ziegen gekantet sind, so daß man das Tier anfangs für eine Ziege hielt, und wir können mit Sicherheit eine Abstammung der geologisch übrigens sehr unwichtigen schafähnlichen Tiere von den Antilopen annehmen. Dasselbe gilt von den Rindern, welche durch ihre plumpe Gestalt und durch die am stärksten komplizierten Backenzähne von breit säulenartiger Gestalt und mit sehr entwickelten accessorischen Säulchen ausgezeichnet sind. Die Rinder treten in Europa im mittlern Pliocän zuerst auf (Bos etruscus), erreichen jedoch bei uns im Tertiär keine

große Bedeutung; dagegen sind die Sivalikbildungen Indiens durch ihre überaus reiche Rinderfauna, die dort schon im Tertiär in sehr mannigfaltigen Formen entwickelt ist, ausgezeichnet.



Tragoceras amaltheus, von Pikermi bei Athen. Eine Zwischenform zwischen Antilopen und Ziegen. (Nach Gaudry.) Vgl. Text, S. 463.

Zum Schlusse mögen hier noch einige höchst sonderbare, riesengroße Tiere erwähnt werden, welche ebenfalls in den Sivalikbildungen gefunden worden sind und nach den indischen Gottheiten die seltsamen Namen Sivatherium, Bramatherium, Vishnutherium erhalten haben. Bei dem am besten bekannten unter ihnen, bei Sivatherium, ist der mächtige, gedrungene Schädel durch zwei Paare von Hörnern ausgezeichnet, welche wie bei den Kavikorniern kräftige Zapfen zeigen, die offenbar von einer Hornscheide bedeckt waren. Ganz vorn über den Augenhöhlen stehen zwei kurze, einfache, gerade Zapfen, während das hintere Paar von außerordentlicher Größe ist, flach gedrückt und mit abstehenden Zacken, so daß es etwas an den amerikanischen Gabelbock erinnert (s. nebenstehende Abbildung). Aus der Gestalt des Schädels wollte man überdies auf das Vorhandensein eines kurzen Rüssels schließen. Dem Baue des Schädels und der Zähne nach schließen sich diese Riesen zunächst an die Antilopen an, neben denen sie allerdings durch Größe und Gestalt eine eigentümliche Sonderstellung einnehmen.

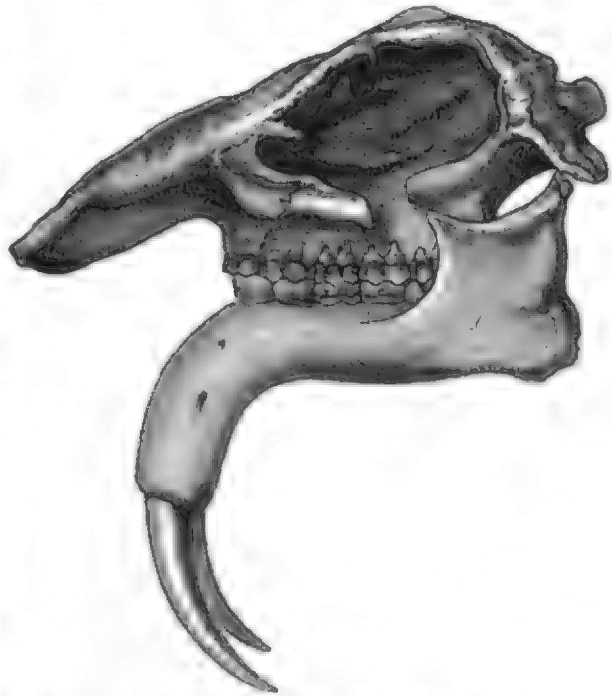


Sivatherium.

Eine durchaus eigentümliche Abteilung der Hufträger stellen die elefantenähnlichen Tiere oder Rüsselträger (Proboscidier) dar, welche mit den früher besprochenen Formen aller Wahrscheinlichkeit nach in Stammverwandtschaft stehen. Allerdings können wir einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen denselben nicht nachweisen,

da die ersten Proboscidier, welche wir kennen, erst in miocänen Ablagerungen auftreten und hier schon in zwei stark differenzierten, weit voneinander verschiedenen Gattungen, Mastodon und Dinotherium, vorhanden sind; ihr plötzliches Erscheinen in großer Zahl und in zwei bedeutend abweichenden Typen weist darauf hin, daß die Entwickelung der oligocänen Proboscidier nicht auf dem europäischen oder nordamerikanischen Festlande stattgefunden hat, sondern daß sie zu Beginn des Miocän aus einer andern Gegend eingewandert sind. Ist aber auch ein unmittelbarer Übergang nicht zu beobachten, so sehen wir doch bei den geologisch ältesten Huftieren, wie Coryphodon, Phenacodus und ihren Verwandten, ein so auffallendes Hervortreten von Elefantenmerkmalen, namentlich im Baue der Füße, daß ein gemeinsamer Ursprung sehr wahrscheinlich ist.

Wir haben die Merkmale der jetzt lebenden Elefanten oben kurz hervorgehoben; allen Proboscidiern ist die meist riesige, immer aber mindestens bedeutende Größe, der Bau der fünfzehigen Füße, der Rüssel, das Fehlen der Eckzähne und das Vorhandensein sehr weniger zu gewaltigen Stoßzähnen entwickelter Schneidezähne gemeinsam, während in der Form des Schädels und in vielen Teilen der Bezahnung sehr bedeutende Unterschiede zwischen den einzelnen Gattungen vorhanden sind. Wir müssen diese merkwürdigen Formen etwas näher betrachten, die seit ihrem Auftreten die Beherrscher der Tierwelt in unsern Gegenden waren und es bis zum Ende der Diluvialzeit blieben, wie sie es in Indien und Afrika noch heute sind.



Schädel von Dinotherium giganteum, aus dem untern Pliocän von Eppelsheim bei Mainz.

Von den beiden Gattungen Dinotherium und Mastodon, die im Miocän auftreten, ist die erstere nach der Beschaffenheit der Backenzähne und der Art, wie deren Wechsel sich vollzieht, die ursprünglichere. Überbleibsel von Dinotherium haben sich in großer Verbreitung von Westeuropa bis Indien gefunden; weitaus die schönsten Reste dieses ungeheuern Tieres, das den jetzt lebenden Elefanten an gewaltiger Größe überlegen gewesen zu sein scheint, sind durch Klipstein zu Eppelsheim bei Mainz entdeckt worden. Es war ein ganz vollständiger Schädel mit dem Unterkiefer, dessen in $^1/_4$ der natürlichen Größe angefertigtes Gipsmodell in den meisten Sammlungen zu sehen ist (s. obenstehende Abbildung). Leider ist dieses herrliche Stück, das für das Britische Museum angekauft wurde, bei dem Transporte nach London vollständig zertrümmert worden. Das auffallendste Merkmal bildet offenbar die Form des Unterkiefers und seiner beiden Schneidezähne: während beim Elefanten zwei Stoßzähne im Oberkiefer vorhanden sind, stehen sie bei Dinotherium unten, der Unterkiefer ist an der Spitze abwärts gebogen, und die beiden gewaltigen, aber immerhin hinter denjenigen der Elefanten weit zurückbleibenden Schneidezähne sind ebenfalls nach abwärts gerichtet. Die Backenzähne zeigen in beiden Kiefern den reinsten und ausgezeichnetsten Jochbau und sind, abgesehen von ihrer enormen Größe, Unterkiefermolaren von Tapir so ähnlich, daß sie von Cuvier geradezu dieser Gattung beigerechnet wurden. Von besonderer Wichtigkeit für das Verständnis der ganzen Abteilung der Rüsseltiere ist der Zahnwechsel von Dinotherium: zuerst entwickeln sich drei Milchbackenzähne,

dann erscheint hinter denselben der erste echte Molar, dann der zweite, und indem dieser aus dem Kiefer vorbricht, fallen die Milchzähne aus; der erste derselben bleibt ohne Ersatz, während sich an Stelle der beiden andern zwei definitive Prämolaren von unten hervorschieben. Ist dies geschehen, so erscheint der dritte echte Molar ganz hinten im Kiefer, und das erwachsene Tier hat also im ganzen fünf Backenzähne in jedem Kieferaste. Im Umrisse des Schädels unterscheidet sich Dinotherium vom Elefanten durch niedrigere und längere, wenn auch noch immer sehr gedrungene Gestalt.

Mastodon angustidens, aus dem Miocän von Simorre (Departement Gers) in Frankreich. (Nach Gaudry.) Vgl. Text, S. 467 u. 463.

Lange Zeit hindurch kannte man von Dinotherium nur den Schädel und war nun sehr in Verlegenheit, zu entscheiden, was für ein Rumpf dazu gehörte, mit was für einem Tiere man es zu thun habe. In der Form der Backenzähne zeigt sich eine gewisse Ähnlichkeit mit derjenigen der Seekühe, namentlich des Manati, während der plump nach unten gebogene Unterkiefer des im Indischen Ozeane lebenden Dugongs einen weitern Vergleichspunkt zu gewähren schien. Man stellte sich vor, daß auch Dinotherium ein gewaltiges Meersäugetier aus der Ordnung der Sirenen oder Seekühe sei, das beim Emporsteigen aus dem Wasser an steilen Küsten sich seiner mächtigen Stoßzähne bediente, um sich in den Boden einzuhaken und hinaufzuziehen. Allein bald machten sich Bedenken gegen diese Auffassung geltend; die Verwandtschaft mit den Rüsseltieren fiel auf,

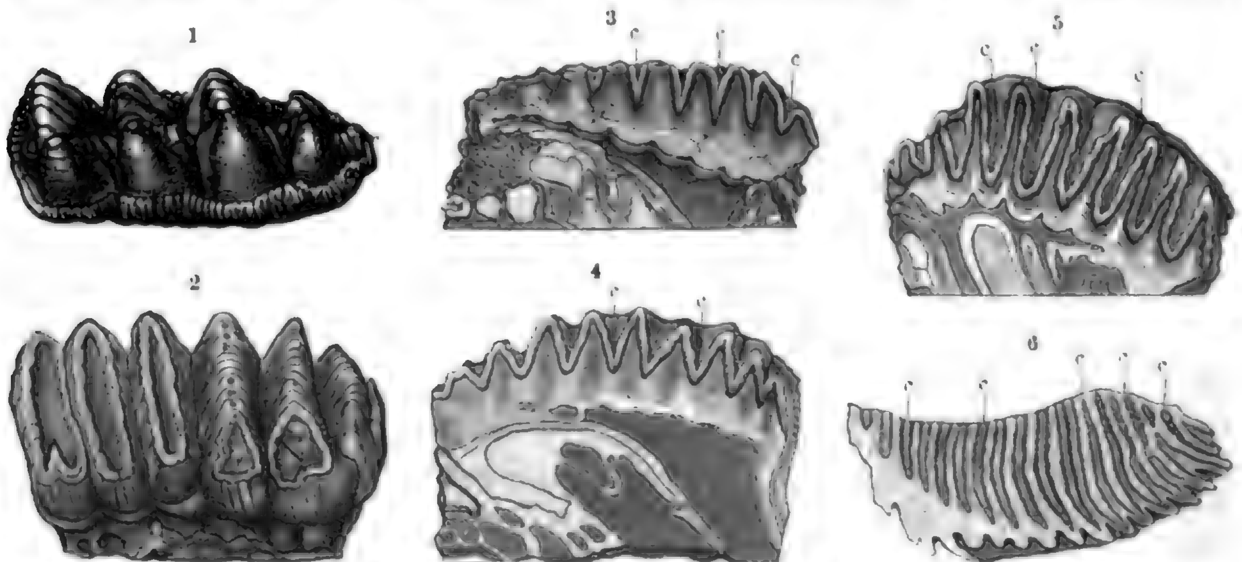
vor allem aber ließ sich mit jener Vermutung das Vorkommen des Tieres nicht in Einklang bringen; denn man traf zwar, wie von vielen andern Landtieren, so auch von Dinotherium vereinzelte Zähne oder Kieferstücke in Meeresablagerungen eingeschwemmt; die meisten und besten Reste aber fand man in Geröll- und Sandschichten, die sich fern vom Meere im Inlande gebildet haben, in ausschließlicher Gesellschaft von Landtieren. Das war für eine Seekuh nicht denkbar; man untersuchte nun an einem Exemplare die Gehörknöchelchen und fand sie denen des Elefanten sehr ähnlich, und seitdem man nun auch zahlreiche Extremitätsteile kennt, welche sehr gut mit denjenigen andrer Rüsseltiere übereinstimmen, kann kein Zweifel mehr an der Zugehörigkeit zu dieser Abteilung bestehen. Im Miocän sind die Dinotherien nicht allzu häufig, und es erscheinen hier meist nur verhältnismäßig kleine Formen; die Hauptblüte finden wir erst im untern Pliocän, hier treten sie in großer Zahl auf, und hier zeigen sich auch jene riesenhaften Vertreter, deren gewaltige Größe uns in Erstaunen setzt. Dieser Höhepunkt der Entwickelung bildet aber auch deren Ende, die Gattung verschwindet ziemlich plötzlich, wenigstens aus unsern Gegenden, während es möglich ist, daß die indischen Vorkommnisse noch in etwas höhere Schichten des Pliocän hinaufreichen.

Die Mastodonten, welche ebenfalls im Miocän auftreten, stehen den Elefanten weit näher und sind mit denselben durch so vollständige Übergänge verbunden, daß es schwer wird, überhaupt eine Grenze zu finden; auch mit den Dinotherien haben sie manche Berührungspunkte, ohne aber so innig mit denselben verknüpft zu sein. Wenn die letztern auch in der Mehrzahl der Merkmale den ursprünglichsten bekannten Typus der Rüsseltiere darstellen, so läßt sich doch aus der Bildung der Stoßzähne mit Bestimmtheit nachweisen, daß die Mastodonten nicht von ihnen abstammen können, sondern daß beide aus einer gemeinsamen Grundform hervorgegangen sind. In der ganzen äußern Erscheinung müssen die Mastodonten den Elefanten sehr ähnlich gewesen sein (s. Abbildung, S. 466), nur war ihr Schädel nicht so außerordentlich hoch wie der der letztern, und außerdem hatten wenigstens die ältern Arten sowohl im Oberkiefer als im Unterkiefer je zwei Stoßzähne, die alle nach vorn gerichtet waren. In Beziehung auf die Schneidezähne ist sogar Mastodon sicher eine ursprünglichere Form als Dinotherium, denn offenbar hat dieses sich aus einem Typus mit vier Schneidezähnen und mit nicht nach abwärts gebogenem Unterkiefer entwickelt; allein in der weit wichtigern Entwickelung der Backenzähne könnte Dinotherium geradezu als der Stammvater von Mastodon gelten. In dem Baue der einzelnen Backenzähne unterscheiden sich die letztern von den erstern zunächst durch bedeutendere Größe und durch das Vorhandensein zahlreicherer Querjoche; bei Dinotherium sind die Molaren zwei- und dreijochig, bei Mastodon steigt die Zahl bis zu zehn, und wenn dies auch als eine Ausnahme betrachtet werden kann, so sind doch Zähne mit vier und fünf Jochen sehr verbreitet. Außerdem sind die Joche mit zahlreichen Höckern ausgestattet, und je nachdem diese stärker oder schwächer entwickelt sind, unterscheidet man nach Vacek Zygolophodonten mit vorwiegendem Jochbaue und Bunolophodonten mit vorwiegendem Höckerbaue. Diese Gruppen stellen zwei Formenreihen dar, welche sich parallel entwickeln; im Miocän und Pliocän Europas schreiten die Bunolophodonten immer weiter vor, während die Zygolophodonten stationär bleiben und keine höhere Ausbildung der Zähne erreichen. Eine solche tritt bei diesen dagegen in um so höherm Maße namentlich in Indien ein, und gerade diese Formen sind es, aus welchen sich die echten Elefanten entwickelt zu haben scheinen[1].

Im Miocän Europas finden sich namentlich zwei Mastodonarten, Mastodon angustidens mit höckerigem und Mastodon tapiroides mit jochigem Zahnbaue. Bei Mastodon angustidens treten wie bei Dinotherium drei Milchprämolaren in jedem Kieferaste auf und

[1] Die ältere und noch jetzt vielfach angewandte Einteilung in Trilophodonten und Tetralophodonten ist nicht haltbar.

werden nach ihrem Ausfalle von untenher durch zwei definitive Prämolaren ersetzt. Doch geschieht dies hier, noch ehe der zweite echte Molar erscheint, und außerdem werden die Prämolaren allmählich in dem Maße, als die echten Molaren auftreten, nach vorn aus dem Kiefer herausgeschoben und gehen verloren, so daß beim erwachsenen Tiere nur drei Backenzähne vorhanden sind, von denen die beiden ersten drei, der letzte vier Höckerjoche trägt. Die Stoßzähne des Unterkiefers sind, wie die Abbildung auf S. 466 zeigt, sehr kräftig entwickelt, wenn auch schwächer als die des Unterkiefers. Aller Wahrscheinlichkeit nach hatte diese Form noch einen sehr schwachen Rüssel, da die ganz in der Mitte und dicht nebeneinander stehenden Unterkieferstoßzähne nicht wohl daran zu denken erlauben, daß ein solcher von beträchtlicher Länge vorhanden gewesen sei. Im untern Pliocän wird der bunolophodonte Typus durch den riesigen Mastodon longirostris vertreten, bei welchem wir schon eine bedeutende Annäherung an den Elefantentypus sehen; die Unterkieferstoßzähne sind viel kleiner,



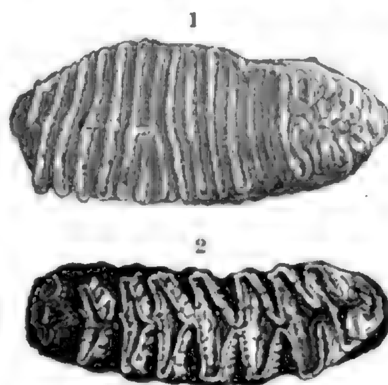
Zähne von Mastodonten und Elefanten. (Nach Gaudry.) 1. Letzter Unterkieferbackenzahn von Mastodon angustidens. — 2. Oberer Backenzahn von Mastodon elephantoides (Elephas Clifti). — Durchschnitt durch einen Backenzahn von: 3. Elephas Ganesa. — 4. Elephas insignis. — 5. Elephas planifrons. — 6. Elephas indicus. — c Zahnzement.

nur ein Prämolar tritt von untenher an die Stelle der Milchzähne, und nicht nur der Prämolar, sondern auch der erste echte Molar wird nach vorn aus dem Kiefer hinausgeschoben, so daß das erwachsene Tier nur zwei Backenzähne trägt; Hand in Hand damit geht auch eine bedeutende Vergrößerung der Molaren vor sich, indem die beiden ersten echten Molaren vier, der letzte fünf Joche trägt. Bei Mastodon arvernensis endlich, der in höhern Pliocänschichten auftritt, sind die Unterkieferstoßzähne ganz verschwunden, kein Prämolar tritt mehr von untenher an die Stelle der Milchzähne, die Molaren schieben sich alle von hinten vor, und im Alter bleibt nur der letzte derselben allein im Kiefer; wir haben also in dieser Beziehung schon ganz die Charaktere von Elefanten, während allerdings die Form der einzelnen Molaren noch ganz den Mastodontentypus trägt.

Allein auch in dieser Beziehung finden wir Übergänge, wenn wir die tertiären Vorkommnisse in Indien ins Auge fassen. Hier hat schon Mastodon latidens erheblich mehr Querjoche als seine europäischen Gattungsgenossen, und bei Mastodon elephantoides ist die Zahl nicht geringer als etwa beim afrikanischen Elefanten, während allerdings der indische Elefant und das Mammut weit reicher ausgestattet sind (s. obenstehende Abbildung). Außerdem stellt sich bei Mastodon elephantoides auch schon zwischen den einzelnen Querjochen eine Spur von Zahnzement ein, das dann bei den Elefanten in reichlicherer Menge hervortritt. Es ist für die Mittelstellung, welche diese Art zwischen beiden Gattungen einnimmt,

sehr bezeichnend, daß sie von einem Forscher als ein Mastodon, von einem andern als Elefant beschrieben wurde, und in der That läßt sich das eine Verfahren ebensogut rechtfertigen wie das andre. Bei den ältesten Elefanten, z. B. bei dem indischen Elephas Ganesa, ist die Menge des Zementes keine sehr große, dann aber nimmt dasselbe immer zu, und ebenso vermehrt sich die Anzahl der Joche in sehr beträchtlicher Weise. Da durch die Abkauung der Zähne der obere Teil der nun außerordentlich hohen und schmalen Joche zerstört wird, so sieht es aus, als ob der ganze Zahn aus zahlreichen nebeneinander stehenden Schmelzlamellen mit dazwischengelagertem Dentin und Zement bestünde, in Wirklichkeit aber ist jede dieser Lamellen ein angekautes Querjoch (s. untenstehende Abbildung).

Betrachten wir die gesamte Umgestaltung der Bezahnung bei den Proboscidiern, so finden wir, daß dieselbe, wie beim Stamme der Pferde und Wiederkäuer, auf eine außerordentliche Vermehrung des Zahnmateriales und auf eine riesige Steigerung des Kauvermögens hinausläuft, die wohl beim Mammut den höchsten Grad innerhalb der ganzen Menge der Säugetiere erreicht. Damit hängt auch offenbar zum großen Teile die Umgestaltung der Schädelform zusammen, indem für den gewaltigen Zahnapparat des Elefanten ein mächtig entwickelter Oberkieferknochen nötig war, dessen Vergrößerung zu der außerordentlichen Höhe des Schädels sehr wesentlich beiträgt.



Backenzahn: 1. eines Mammuts (Elephas primigenius), — 2. eines afrikanischen Elefanten (Elephas africanus). (Nach Zittel.)

In Europa reichen die Mastodonten vom Beginne des Miocän bis weit ins Pliocän hinein; dann verschwinden sie, und im obern Pliocän treten an ihre Stelle die Elefanten, die dann im Diluvium außerordentlich verbreitet sind. In Indien dagegen sind die Elefanten schon früher vorhanden und finden sich vielfach mit den Mastodonten zusammen, und in China und Japan scheint sich die Sache ähnlich zu verhalten. In Amerika endlich sind die Mastodonten im Tertiär sehr selten, und erst im Diluvium sind sie in Nord- und Südamerika sehr häufig, während Elefanten nur wenig vorkommen. In dieser Zeit ist der Elefant vorwiegend das Tier der Alten, der Mastodon das Tier der Neuen Welt.

An die Huftiere schließt man jetzt in der Regel die Sirenen oder Seekühe an, welche man in früherer Zeit als eine eigentümliche Abänderung der Wale betrachtet hat; mit den letztern haben sie jedoch nichts gemein als die plumpe Form und die Umwandlung der Extremitäten zu Ruderflossen, also Anpassungen an das Leben im Wasser, während Schädelbau und Gebiß sich nur mit dem der Ungulaten und zwar ihrer geologisch ältesten Formen vergleichen lassen.

Die Sirenen sind große, plumpe Tiere mit spärlich beborsteter Haut und aufgewulsteten Oberlippen, deren Vorderextremitäten große Flossenfüße darstellen, während die Hinterbeine und das Becken verkümmert sind. In der Jetztwelt sind die Seekühe nur durch zwei Gattungen vertreten, durch das Manati im Atlantischen und durch den Dugong im Indischen Ozeane. Als eine dritte Form gesellt sich dazu noch die gewaltige, fast 10 m lange Stellersche Seekuh (Rhytina), welche im Jahre 1741 auf der Beringsinsel und an der Küste von Kamtschatka entdeckt, aber innerhalb weniger Jahre von den Thranjägern vollständig ausgerottet wurde. Im Tertiär finden sich an vielen Stellen verwandte Formen; die ältesten Reste stammen aus dem Eocän der westindischen Insel Jamaica (Prorastomus), im Oligocän ist in Europa die Gattung Halitherium sehr verbreitet, während im Miocän Metaxytherium häufig vorkommt; aus dem Pliocän ist nur aus Italien die Gattung Felsinotherium bekannt.

Am wichtigsten ist die Entwickelung des Gebisses, das bei Prorastomus aus einer sehr großen Zahl, nämlich aus 48 Zähnen nach der Formel $\frac{3.1.4.4}{3.1.4.4}$, besteht; Schneide- und Eckzähne sind einfach gebaut, die Molaren Jochzähne, welche sich denjenigen von Tapir vergleichen lassen; solche Jochzähne hat auch die lebende Halicore, während Halitherium und seine Verwandten Höckerzähne wie die eines Schweines tragen. Im allgemeinen ist eine allmähliche Verminderung der Zähne von den ältesten bis zu den jüngsten Formen zu bemerken; Schneide- und Eckzähne verschwinden nach und nach, nur bei der lebenden Halicore sind noch zwei Oberkieferstoßzähne vorhanden, dann gehen auch die Prämolaren verloren, und Rhytina hat überhaupt gar keine Zähne, sondern an ihrer Stelle hornige Kauplatten.

So nahe die Beziehungen zu Huftieren in Gebiß und Schädelbau gerade bei den ältesten Sirenen sind, und so sehr man sich versucht fühlen könnte, ein tapirähnliches Tier als die Stammform der Seekühe zu betrachten, so sind wir doch ganz entschieden nicht so weit, das letztere bestimmt behaupten zu können. Im Gegenteile verleihen der fünfzehige Bau der Füße und die große Zahl der Zähne den Sirenen ein sehr altertümliches Gepräge, und es ist wahrscheinlich, daß die Abzweigung vom Huftierstamme schon in der Kreidezeit stattgefunden hat.

Nager, Edentaten, Wale.

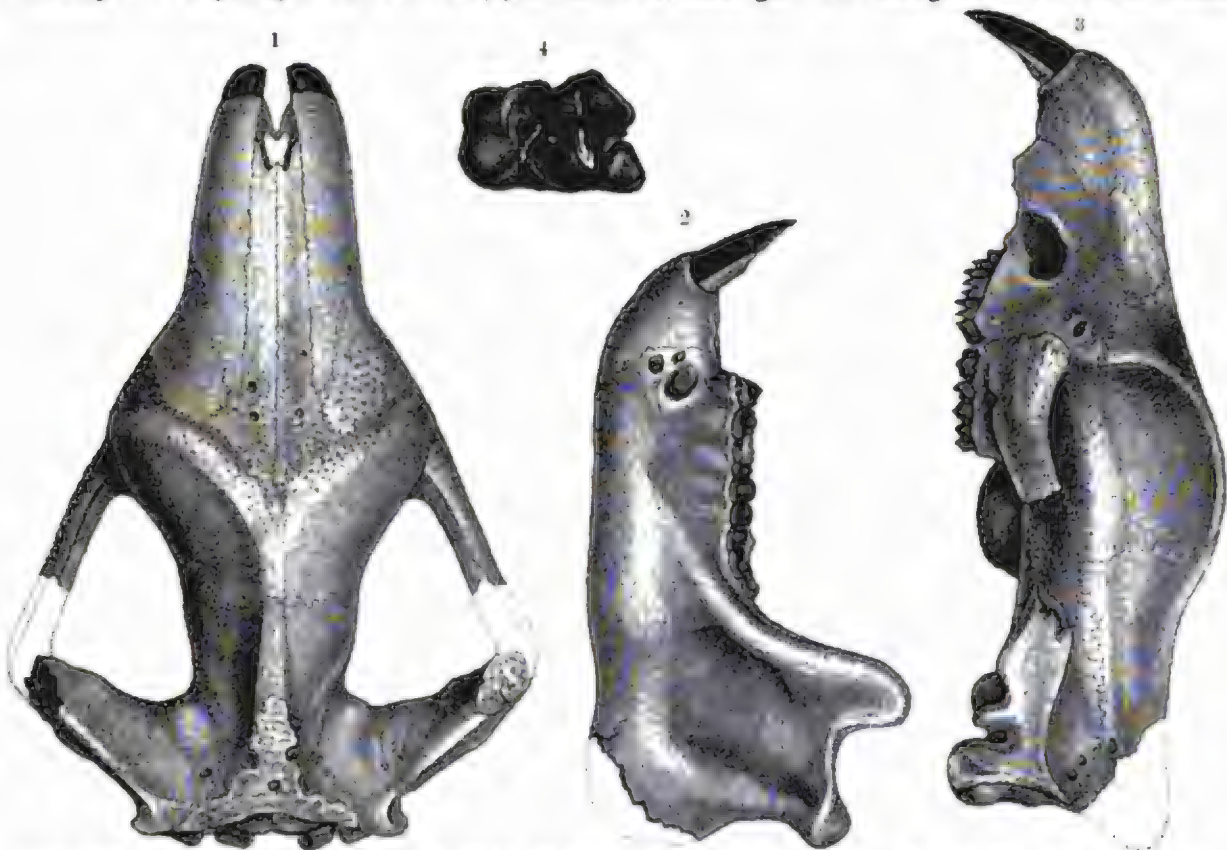
Abgesehen von den bisher besprochenen großen Gruppen von placentalen Säugetieren, die sich mit Bestimmtheit auf den Typus mit 44 Zähnen mit höckerigen Molaren und mit fünf Zehen zurückführen lassen, bleiben noch einige Abteilungen, deren nähere verwandtschaftliche Beziehungen wir noch nicht mit Sicherheit ermitteln können; außer einzelnen ganz isolierten Typen, wie den Toxodon- und Nesodon-Arten des südamerikanischen Tertiär, gehören hierher namentlich die Nagetiere, die Edentaten und die Wale oder Cetaceen.

Die Nagetiere, zu denen in der Jetztwelt Hasen, Mäuse, Biber, Stachelschweine, Murmeltiere, Eichhörnchen und eine Menge andrer gehören, sind meist kleine, höchstens mittelgroße Tiere, welche durch ihr Gebiß ausgezeichnet sind. Im Ober- und Unterkiefer stehen je zwei (bei Hasen vier) mächtige, fortwährend wachsende Schneidezähne, welche nur an der Vorderfläche mit Schmelz bedeckt sind und sich daher meißelförmig abkauen; Eckzähne fehlen ganz, und durch eine weite Lücke getrennt, folgen einige schmelzfaltige oder höckerige Backenzähne, deren zwei bis sechs in jedem Kieferaste vorhanden sind.

Die Mannigfaltigkeit dieser Formen, die sich bis ins Eocän zurückverfolgen lassen, ist eine sehr große, doch kommt denselben bis jetzt vom geologischen Standpunkte aus keine hervorragende Bedeutung zu. Nur im Tertiär von Südamerika scheinen sie eine große Rolle zu spielen, und hier hat man auch riesige Formen gefunden, von welchen eine dem Rhinozeros an Größe nicht nachstehen soll, doch ist leider über diese Tiere noch sehr wenig bekannt. Bei den geologisch ältesten Formen überwiegt der höckerige Zahnbau, und da auch fünf Zehen bei vielen vorhanden sind, so könnte man an einen Anschluß an die Krallentiere denken; allein die Zahl der Zähne, die Beschaffenheit der Schneidezähne, das Fehlen der Eckzähne, der ganze Habitus bildet selbst bei den ältesten Repräsentanten noch einen sehr scharfen Unterschied, und die Annahme ist durchaus nicht ausgeschlossen, daß die Nager von den mesozoischen Beuteltieren mit nagerähnlichem Gebisse oder von einer dritten, uns noch unbekannten Tiergruppe herstammen.

An die Nager schließt sich wohl am besten eine noch ziemlich rätselhafte Gruppe von Tieren aus dem Eocän von Nordamerika an, welche den Namen der Tillodonten erhalten hat. Bei dem Hauptvertreter, Tillotherium (s. Abbildung, S. 471), treten Schneidezähne wie

bei den Nagetieren auf, die Backenzähne, durch eine weite Lücke von den Schneidezähnen getrennt, tragen Höckerzahncharakter, während in andern Merkmalen Anklänge an Raubtiere hervortreten sollen. Eine andre, noch unvollkommener bekannte Gruppe sind die ebenfalls im Eocän Nordamerikas vorkommenden Täniodonten, den Tillodonten verwandt, aber von ihnen durch die sehr unvollkommene Schmelzbekleidung der Zähne und durch das Vorhandensein starker Kanine verschieden. Der erstern Eigentümlichkeit wegen sind diese Täniodonten als die Stammeltern der Edentaten, der Faultiere, Gürteltiere 2c. betrachtet worden, und die Möglichkeit einer solchen Auffassung kann bei unsrer überaus geringen Kenntnis der Täniodonten natürlich kaum bestritten, aber ebensowenig bewiesen werden, da eine Verkümmerung des Schmelzes bei den verschiedensten Abteilungen der Säugetiere eintreten kann.



Tillotherium fodiens, aus amerikanischem Eocän (Bridgergruppe). (Nach Marsh.) 1. Schädel von oben. — 2. Unterkiefer. — 3. Schädel von der Seite. — 4. Ein Backenzahn. Vgl Text, S. 470.

Die verwandtschaftlichen Beziehungen der Edentaten oder zahnarmen Säugetiere sind noch durchaus unklar. Das auffallendste allen gemeinsame Merkmal bildet die dürftige Entwickelung des Gebisses: manchen Formen, wie dem lebenden Ameisenbären (Myrmecophaga) und den Schuppentieren (Manis), fehlt dasselbe ganz, bei den übrigen sind fortwährend wachsende Zähne ohne Schmelz vorhanden, bald in sehr geringer, bald in übergroßer Zahl; während bei den Faultieren deren im ganzen nur 18 vorhanden sind, treten bei dem Riesengürteltiere etwa 100 zahnartige Stifte auf. Die schwache Entwickelung der Zähne bildet allerdings kein entscheidendes Merkmal, denn mit demselben Rechte könnte man dann auch das Schnabeltier oder einzelne Seekühe hierher rechnen, und in der That ist auch die Ansicht ausgesprochen worden, daß die Tiere, welche man heute als Edentaten zusammenfaßt, in Wirklichkeit verschiedenen Abteilungen des Tierreiches angehören und nur durch das zufällige Merkmal der Verkümmerung der Zähne miteinander verbunden seien. Deise Ansicht kann aber nicht als wahrscheinlich bezeichnet werden, da die hierher gerechneten Tiere außer der Entwickelung des Gebisses noch durch eine Anzahl andrer davon

unabhängiger Merkmale, durch die Gelenkverbindung der Zehenglieder, durch das Vorhandensein mächtiger Krallen und durch die Verwachsung des Kreuzbeines mit dem Sitzbeine, charakterisiert werden.

In der Jetztwelt unterscheidet man Vermilinguier oder Wurmzüngler, mit langer Schnauze und sehr enger Mundöffnung, aus welcher die sehr lange, wurmförmige Zunge weit hervorgestreckt wird, um Insekten, namentlich Ameisen, zu erhaschen. Hierher gehören die Ameisenbären Südamerikas (Myrmecophaga), das Erdferkel (Orycteropus) Südafrikas und die Schuppentiere (Manis) aus Afrika und Indien; weitere Gruppen sind die südamerikanischen Faultiere und Gürteltiere. Heute spielen alle diese Formen eine untergeordnete Rolle, und die größten unter ihnen erreichen etwa die Dimensionen eines starken Wolfes. Ganz anders war es in der Vorzeit: während der diluvialen Periode finden wir in Südamerika eine sehr große Anzahl von Edentaten, die sich teils den Faultieren, teils den Gürteltieren und Ameisenbären anschließen, und von welchen viele an Größe das stärkste Nashorn übertreffen, ja an Plumpheit des Knochenbaues wohl unter allen Säugetieren obenan stehen.

Im Tertiär sind Edentatenreste, außer in Südamerika, bis jetzt überaus spärlich: in Kalifornien und Idaho sind in Nordamerika Reste einer Gattung Morotherium gefunden worden, über welche noch sehr wenig bekannt ist, und in Europa hat man dürftige Reste von zwei riesigen Gattungen, Macrotherium im Miocän und Ancylotherium im untern Pliocän, als äußerste Seltenheit gefunden. Leider kennt man von diesen offenbar äußerst merkwürdigen Tieren nur sehr wenig; Macrotherium war ein Tier mit Kletterfüßen und mächtigen Krallen und ganz unverhältnismäßig kurzen Hinterbeinen, das durch diese Abweichung von den gewöhnlichen Proportionen ein seltsames Aussehen erhalten haben muß; Ancylotherium, das bedeutend größer war, hatte besser zum Gehen eingerichtete Füße und war auch nicht so mißgeformt wie sein Vetter. Als das erste Bruchstück eines derartigen Tieres, ein riesiges Zehenglied aus dem Tertiär des Mainzer Beckens, bekannt wurde, erklärte Cuvier, in demselben ein Stück eines Edentaten zu erkennen, obwohl bis dahin nie die mindeste Spur einer solchen Form in Europa gefunden worden war, und er glaubte aus diesem Knochen auf ein Tier von fast 8 m Länge schließen zu können. Spätere Funde von etwas größerm Materiale haben allerdings ergeben, daß diese letztere Schätzung eine viel zu hohe war, aber immerhin gehören diese Tiere zu den größten, die je in Europa gelebt haben.

Daß sowohl in Europa als in Nordamerika Reste so gewaltiger Tiere so überaus selten sind, können wir nicht durch Zufälligkeiten der Erhaltung erklären; wir müssen daraus schließen, daß Edentaten nur überaus spärlich vorkamen, und in der That sind wir zu der Annahme berechtigt, daß die Hauptentwickelung dieser Ordnung in derjenigen Gegend stattfand, welche noch heute die lebenden Vertreter nährt. Wie schon erwähnt, sind die Edentaten heute ganz vorwiegend südamerikanische, nächstdem süd- und mittelafrikanische Formen, sehr wenige finden sich in Indien, und aller Wahrscheinlichkeit nach hatten sie annähernd dieselben Gebiete auch in tertiärer Zeit inne, so daß die seltenen Vorkommnisse im Norden als isolierte Ausläufer aus dem südlichen Hauptverbreitungsgebiete aufzufassen sind. In der That scheinen Edentatenreste schon in den oligocänen Ablagerungen Südamerikas nicht selten zu sein und dort mit den später in denselben Gegenden auftretenden Formen viele Ähnlichkeit zu zeigen (Promegatherium, Promylodon); allerdings ist über dieselben bisher nur sehr wenig bekannt geworden, doch scheinen sie nach Ameghino dadurch in sehr bemerkenswerter Weise ihren jüngern Verwandten gegenüber ausgezeichnet, daß die Zähne noch einen allerdings schwachen Schmelzüberzug tragen. In ungeheurer Menge kommen dann Edentaten und unter ihnen wahre Riesen in den später zu besprechenden sogenannten Pampasthonen vor, welche bald dem obersten Tertiär, bald dem Diluvium zugerechnet werden; auch Nordamerika erhält zu derselben Zeit eine Kolonie solcher Formen,

aber in allen diesen Ablagerungen finden sich nur solche Edentaten, welche mit den südamerikanischen Gattungen verwandt sind. Die fossilen Edentaten Südamerikas schließen sich ihrerseits nahe an die jetzt lebenden Formen desselben Gebietes an, und nur ganz vereinzelt treten bei einem Typus (Glossotherium) Merkmale auf, welche an die afrikanischen Edentaten anklingen.

Tertiäre oder diluviale Ablagerungen mit Säugetierresten sind aus Afrika südlich der Sahara nicht bekannt geworden; sollten derartige einst gefunden werden, so dürfen wir erwarten, daß in denselben auch Edentaten, und daß die miocänen Formen Europas lediglich als vereinzelte Vorposten der äthiopischen Fauna erscheinen werden. Einen Fingerzeig in dieser Richtung erhalten wir heute schon dadurch, daß wir bei den in Europa gefundenen Edentaten ganz vorwiegende Beziehungen zu den in Afrika lebenden Erdferkeln und Schuppentieren und nur wenige Anklänge an die südamerikanischen Megatherien bemerken.

Wir werden die in den Pampasthonen Südamerikas und in den entsprechenden Ablagerungen in Nordamerika vorkommenden Formen bei Besprechung des Diluvium etwas näher kennen lernen und bei dieser Gelegenheit uns mit dem höchst seltsamen Charakter dieser Tiere vertraut machen; die tertiären Vertreter der Ordnung sind zu wenig bekannt, um ein größeres paläontologisches Interesse bieten zu können[1], von bedeutender Wichtigkeit sind sie nur vom geographischen Standpunkte aus. Die Edentaten sind nächst den straußähnlichen Vögeln die bedeutendste Gruppe der Landbewohner, deren Vorkommen fast ganz auf die südliche Erdhälfte beschränkt und in dieser ein weitverbreitetes ist. Solche Erscheinungen liefern der Annahme eines großen Südkontinentes in früherer Zeit eine der wichtigsten Stützen; das Vorkommen der Edentaten weist darauf hin, daß das mittlere und südliche Afrika mit Südamerika in Verbindung oder diesem wenigstens so weit genähert war, daß ein Austausch von größern Landtieren stattfinden konnte, und zwar mußte dieser Zustand noch andauern zu einer Zeit, als die Edentaten von den übrigen Säugetieren schon unterschieden waren und wahrscheinlich auch die wurmzüngigen Formen, die auf beiden Kontinenten sowie in Indien vorkommen, schon eine selbständige Familie bildeten. Wir werden später, wenn wir die Verteilung von Wasser und Land in der Tertiärzeit besprechen, auf diesen Gegenstand zurückkommen und die Frage erörtern, ob die vorhandenen Thatsachen ausreichen, um eine Ausnahme zu rechtfertigen, und ob diese Verbindung noch zur Eocänzeit vorhanden war.

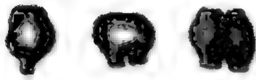
Eine weitere in ihren verwandtschaftlichen Beziehungen noch ganz rätselhafte Ordnung der Säugetiere bilden die Wale oder Cetaceen, meist sehr große im Meere lebende Tiere von spindelförmiger Gestalt, deren Rumpf von dem Kopfe nicht abgesetzt ist. Die fünfzehigen Vorderextremitäten bilden Ruderflossen, welche nur im Schultergelenke beweglich sind, die Hinterextremitäten fehlen ganz, und der Leib endet in eine breite Schwanzflosse.

In der Jetztwelt umfaßt diese Ordnung zwei verschiedene Abteilungen, die Zahnwale und die Bartenwale. Bei den erstern stehen entweder in einem oder in beiden Kiefern kegelförmige Fangzähne mit einfacher, unvollkommener Wurzel, welche keinem Zahnwechsel unterworfen und alle von gleicher Form ohne Gliederung in Schneide-, Eck- und Backenzähne sind. Hierher gehört das mannigfaltige Geschlecht der Delphine und Pottfische und ihrer Verwandten, welche seit dem Miocän in marinen Ablagerungen und

---

[1] Im ältesten Tertiär von Südamerika soll eine Form (Mesotherium) gefunden worden sein, welche die Nagetiere mit den Elefanten verbindet. Das Vorkommen eines solchen Tieres ist möglich, aber nach unsrer heutigen Auffassung ist eine nähere Verwandtschaft jener Gruppen wenig wahrscheinlich.

stellenweise in großer Menge vorkommen. Den Bartenwalen fehlen die Zähne, nur im Embryonalleben sind Keime von solchen im Kiefer eingeschlossen (s. nebenstehende Abbildung), und am Gaumen sind die bekannten Barten, welche das Fischbein liefern, vorhanden. Auch diese Formen erscheinen im Miocän, und namentlich in pliocänen und diluvialen Meeresablagerungen Nordeuropas und Nordamerikas, stellenweise, namentlich in Belgien, in großer Menge.



Zahnkeime aus dem Kiefer eines embryonalen Bartenwales. (Nach Gaudry.)

Zu diesen beiden Gruppen gesellt sich noch eine dritte, die der Zeuglodontiden, mit den Gattungen Zeuglodon und Squalodon, welche im Eocän auftreten und im Miocän ihre Hauptblüte erreichen, aber auch hier schon wieder verschwinden. Die erstere durch gewaltige Größe ausgezeichnete Gattung ist namentlich in Amerika, die letztere vorwiegend in Europa verbreitet; sie besitzen konische, einwurzelige Schneidezähne und zweiwurzelige Backenzähne von komprimierter, zackiger Gestalt.

Größenverhältnisse der Säugetiere.

Wir haben die hauptsächlichsten Typen der Säugetiere kennen gelernt, und so wird es möglich werden, uns von dem wichtigsten Teile der Bevölkerung unsrer Erde in den einzelnen Abteilungen der Tertiärzeit ein Bild zu machen. Hier mag zunächst noch ein Gegenstand berührt werden, über welchen vielfach falsche Vorstellungen verbreitet sind, nämlich über die Größenverhältnisse der ausgestorbenen Tiere. Ein vorsintflutliches Tier ist im allgemeinen Sprachgebrauche gleichbedeutend mit einem Tiere von ungeheurer Größe, und in gewissem Sinne hat dieser Ausdruck auch seine Berechtigung; aber wir dürfen uns weder vorstellen, daß etwa Mangel an kleinen Säugetieren geherrscht habe, noch daß alle vorweltlichen Faunen durch den Reichtum an kolossalen Formen charakterisiert waren.

Die mesozoischen Formationen sind durch die riesige Größe ihrer Reptilien, der gewaltigsten Landtiere, die je gelebt haben, ausgezeichnet. Die Säugetiere aber waren, soviel wir wissen, sehr klein; im ältesten Tertiär erreichen dieselben zwar viel bedeutendere Größe, aber im ganzen haben wir doch eine ziemlich zwerghafte Säugetierfauna, die sich in dieser Richtung kaum mit derjenigen Südamerikas in der Jetztzeit, nicht entfernt aber mit derjenigen Indiens oder gar Südafrikas messen kann. Im ganzen untern Eocän ist kein Tier vorhanden, das die Größe einer Giraffe, eines Flußpferdes, eines Nashornes oder eines Elefanten erreicht. Erst im obern Eocän Amerikas erscheinen die Dinoceraten, die den jetzt lebenden Elefanten fast ebenbürtig sind, aber hinter denjenigen der Diluvialzeit stark zurückbleiben. Weit ärmer ist in dieser Hinsicht Europa, wo bis zum Ende der Oligocänzeit höchstens einzelne Lophiodonten und Hypotamiden mit dem Flußpferde oder Nashorne auf einer Stufe stehen.

Im Oligocän hat Amerika seine sehr großen Brontotherien und einige andre große Formen, das Miocän scheint aber hier sehr arm an solchen gewesen zu sein; für Europa beginnt dagegen mit dieser Stufe eine Periode der Riesentiere, die sich bis zum Ende der Diluvialzeit und zum Beginne der Jetztzeit fortsetzt. Hier treten uns große Rhinozerosarten, Mastodonten und Dinotherien entgegen, zu denen sich, wenn auch allerdings nur sehr vereinzelt, noch ein riesiger Edentate gesellt. Noch gewaltiger wird die Fauna im untern Pliocän; dieselben Typen wie im Miocän sind auch hier vorhanden, aber die Mastodonten und Dinotherien sind bedeutend größer und übertreffen auch die jetzt lebenden Elefanten ganz erheblich, und zu ihnen stellen sich noch Giraffen und das mit diesen nahe verwandte Helladotherium, ferner in Indien die riesigen Sivatherien und ihre Verwandten.

In höhern Schichten des Pliocän nimmt die Zahl der großen Formen in Europa etwas ab: zuerst verschwinden Dinotherium, Giraffe, Helladotherium und der riesige Edentate, ihnen folgt später Mastodon, aber an seine Stelle treten im obersten Pliocän Elefanten von ungeheurer Größe und Flußpferde. Nach Schluß der Tertiärformation bringt das Diluvium wieder einen gewaltigen Aufschwung: wir finden in Europa mehrere Elefanten, darunter das Mammut (Elephas primigenius), dessen Stoßzähne eine Länge von fast 5 m erreichen, ferner Elephas antiquus und meridionalis, vielleicht die größten Landsäugetiere, die bisher überhaupt bekannt geworden sind; dazu das Flußpferd, sehr große und namentlich mit riesigen Hörnern ausgestattete Rhinozerosse und das diesen verwandte Elasmotherium, ein elefantengroßes Tier mit mächtigem Horne mitten auf der Stirn, das dem Einhorne der Fabeln reale Existenz zu geben scheint; auch der Riesenhirsch, dessen Geweihenden fast 4 m voneinander abstehen, darf wohl hier genannt werden. Gegen Ende der Diluvialzeit aber nimmt die Menge dieser großen Formen ab, und in der Neuzeit sind der Elch und der Wisent, der heute noch vereinzelt in Litauen vorkommt, die größten Landtiere Europas.

Selbst das untere Pliocän hat in Europa kaum einen solchen Reichtum an derartigen Kolossen aufzuweisen wie das Diluvium, und auch in andern Erdteilen ist der letztere Abschnitt durch die Menge seiner Riesentiere ausgezeichnet. Im nördlichen und mittlern Asien findet sich ungefähr dieselbe Fauna wie in Europa; China und Japan haben Elefanten geliefert, Nordamerika den ungeheuern Mastodon americanus, das sogenannte Ohiotier, in Menge, dazu kommen seltene Elefanten und riesige faultierähnliche Geschöpfe; in Südamerika sind mehrere Mastodonten und eine so überreiche Menge gewaltigster Edentaten gefunden worden, daß wir hier eine noch größere Fülle solcher Kolosse vor uns sehen als in Europa; in Australien sind einige Beuteltiere von der Größe eines Flußpferdes vorhanden, auf Neuseeland und Madagaskar gewaltige straußähnliche Vögel.

Wir werden diese diluvialen Tiere im nächsten Kapitel näher kennen lernen und die Frage nach der Ursache ihres Verschwindens besprechen; hier genügt es uns, zu sehen, daß in den verschiedensten Gegenden der Erde die Diluvialzeit eine Menge riesiger Landtiere, ein Maximum der körperlichen Entwickelung von Säugetieren oder Vögeln hervorgebracht hat, und daß dann diese mächtigen Formen überall, mit Ausnahme von Indien und Afrika südlich von der Sahara, verschwinden. Wir leben in einer Zeit, welche durch eine außerordentliche Verarmung der meisten Kontinente an großen Tieren auffällt, und wenn wir diese mit der jüngsten Vergangenheit vergleichen, so können wir mit vollem Rechte von den riesigen Dimensionen der vorweltlichen Formen sprechen; dagegen hat dies nicht für alle Tertiärfaunen Gültigkeit, und gerade die ältesten derselben sind durch große Armut an riesigen Tieren ausgezeichnet. Bei der Allgemeinheit dieser letztern Erscheinung dürfen wir wohl annehmen, daß im untern Eocän sehr große Säugetiere überhaupt nicht existierten, daß erst mit dem Verschwinden der riesigen Dinosaurier der mesozoischen Zeit allmählich ein Anwachsen zu bedeutenden Dimensionen stattfand. In spätern Zeiten dagegen, nachdem einmal sehr große Formen sich entwickelt haben, scheint deren Vorhandensein oder Fehlen lediglich von örtlichen, äußern Verhältnissen abzuhängen; in Europa war das Oligocän, in Nordamerika das Miocän und Pliocän ihrem Fortkommen ungünstig, und dasselbe findet in der Jetztzeit für den größten Teil der Erde statt. Eine Wiederkehr von Riesenformen scheint aber für die künftige Zeit, selbst unter sonst günstigen Bedingungen, ausgeschlossen, solange der Mensch der Herr der Schöpfung ist, der, wo immer er zu hinlänglicher Macht gelangt, alle größern Landbewohner ausrottet, mit Ausnahme der Haustiere und der dieser Kategorie nahestehenden Abteilung der von Liebhabern gehegten Jagdtiere. So weit ist es allerdings bis jetzt nur in einem Teile von Mitteleuropa und der östlichen Vereinigten Staaten von

Nordamerika gekommen. Allein in dem Maße, wie eine intensive Kultur vorschreitet, wird sich derselbe Prozeß überall, etwa mit Ausnahme der polaren Eisregionen und vielleicht einiger Wüstenbezirke, vollziehen; die Raubtiere, welche dem Menschen und seinen Herden gefährlich sind, werden ausgerottet, und dasselbe geschieht mit den großen Pflanzenfressern, welche den Feldbau beeinträchtigen. Weit wirksamer aber als der direkte Vernichtungskampf wirkt schon das Umsichgreifen der Kultur an sich, indem ein großer Teil der Tiere aus den Gegenden sich zurückzieht, in welchen sie in ihren Gewohnheiten gestört und beunruhigt werden; so gehen wir denn einer Zeit entgegen, in welcher die Verarmung der Säugetierwelt eine ganz außerordentliche sein und ein vollständiger Mangel an hervorragenden Typen herrschen wird.

Das Eocän im Pariser und Londoner Becken.

Die ganze Reihenfolge der tertiären Ablagerungen wird, wie oben erwähnt wurde, in vier Hauptabteilungen gebracht, welche mit den Namen Eocän, Oligocän, Miocän und Pliocän bezeichnet werden, und wir müssen uns nun über die Geschichte der Erde während dieser Abschnitte etwas orientieren.

Während der Eocänzeit nahm das Meer in Europa bedeutend geringern Raum ein als zu Ende der Kreidezeit, die Veränderungen, welche wir auf der Grenze beider Formationen vor sich gehen sehen, sind außerordentlich große, und sie machen sich in ganz ähnlicher Weise über einen großen Teil der Erdoberfläche geltend. In Europa sind noch drei Bezirke von sehr verschiedener Größe vom Meere bedeckt: der eine umfaßt das Becken von Paris und London sowie Belgien und einige noch wenig bekannte Vorkommnisse weiter im Osten, der zweite das ganze südliche Europa mit Einschluß Südfrankreichs, der Alpen, der Karpathen und des Kaukasus, der dritte, über dessen Umfang wir noch wenig orientiert sind, wird durch einige Vorkommnisse in Südrußland, in der Gegend von Kiew und im Gouvernement Cherson, repräsentiert.

Die marinen Eocänvorkommnisse im nördlichen Frankreich und im südlichen England bildeten eine Bucht des Atlantischen Ozeanes, und die belgischen Ablagerungen gehören einem innern Golfe an, der durch die Ardennen von dem Pariser Becken teilweise geschieden war. Einzelne Schollen von marinen Ablagerungen in der nordwestlichen Normandie (Cotentin) und in der Bretagne zeigen, daß die Ausdehnung des Meeres eine weit größere war als heute das zusammenhängende Vorkommen eocäner Gesteine, und daß die Bucht von London und Paris in offener Verbindung mit dem Meere war. Ein isoliertes Vorkommen auf Seeland bei Kopenhagen und eine Anzahl eocäner Diluvialgeschiebe in Norddeutschland und Skandinavien weisen auf eine sehr weit nach Osten reichende Verlängerung dieser Bucht.

Das Pariser Becken hat den Ausgangspunkt für das Studium des Eocän gebildet, es war überhaupt das erste Tertiärgebiet, das in wissenschaftlicher Weise untersucht wurde. Die Arbeiten von Alexandre Brongniart haben die Grundlage für die geologische Kenntnis geliefert, die seither durch eine Reihe andrer Forscher erweitert wurde, während die Untersuchungen von Cuvier die Säugetierbevölkerung, diejenigen von Lamarck und Deshayes die überreiche Molluskenfauna der Wissenschaft erschlossen. Die Ablagerungen, welche uns hier entgegentreten, sind übrigens durchaus nicht ausschließlich mariner Natur: es finden sich auch Süßwasserkalke, Brackwasserschichten, Thone mit Braunkohlen, das Gebiet zeigt mehrfach wiederholte Schwankungen; bald drang das Meer weit vor, bald zog es sich zurück und verließ das Becken oder erstreckte sich nur über einen größern oder kleinern Teil desselben. In erster Linie ist der Reichtum an Muscheln und Schnecken

hier ein ganz überraschender, und man kann die Zahl der bisher beschriebenen Arten auf etwa 2500 schätzen; unter den marinen Mollusken ragen namentlich die Gattungen Cerithium und Pleurotoma durch ihre gewaltige Formenmenge hervor, und der Charakter der Fauna ist wesentlich ein tropischer, er entspricht demjenigen Typus, welchen man heute vorwiegend in den Meeren der heißen Zonen findet. Voluta, Mitra, Harpa, Rostellaria, Terebellum und eine Reihe andrer weisen darauf hin, doch darf man nicht vergessen, daß alle derartigen Vergleiche keine unbedingte Beweiskraft haben, und daß auch in unsrer Zeit sich manche Angehörige tropischer Gattungen hier und da auch in kalten Meeren aufhalten.

Sowohl die Ablagerungen der obern Kreide als diejenigen des Eocän liegen im Pariser Becken horizontal, aber die Aufeinanderfolge ist doch keine ungestörte; nach Ablagerung der obern Kreide hat sich das Meer zurückgezogen, und ihre Gesteine haben eine starke Denudation erlitten, so daß beim erneuten Vordringen des Ozeanes die sich bildenden tertiären Schichten sich übergreifend ausbreiten. Wir erhalten einen sehr interessanten Beleg dafür durch einen Vergleich des Pariser Eocänbeckens mit dem belgischen; hier tritt im Hennegau eine eigentümliche Kalkbildung auf, welche als der Kalk von Mons bezeichnet wird. Derselbe ist noch an keiner Stelle zu Tage anstehend gefunden worden, sondern man kennt ihn nur aus Tiefbohrungen und Schächten, aus welchen Proben dieses Gesteines und seiner Fossilien zu Tage gefördert worden sind. Diese letztern zeigen nach den Untersuchungen von Cornet und Briart einen sonst bei uns ungewöhnlichen Charakter, indem neben eigentümlichen Formen ein Gemenge von Arten des untern Eocän und der obersten Kreide auftritt, und wir haben daher ein überaus wichtiges Bindeglied zwischen den beiden in unsern Gegenden sonst ziemlich scharf geschiedenen Formationen. Im Pariser Becken fehlt der Kalk von Mons oder eine ihm entsprechende Bildung, wohl aber enthalten die ältesten eocänen Süßwasserablagerungen, die Mergel von Meudon bei Paris, einzelne charakteristische Arten des marinen Kalkes von Mons, deren Vorkommen hier nur in der Weise erklärt werden kann, daß eine Ablagerung des geschilderten Charakters auch im Pariser Becken vorhanden war, die aber durch Denudation vollständig zerstört wurde, so daß die in den Mergel von Meudon eingeschwemmten Exemplare der letzte Überrest dieser Schicht zu sein scheinen. Da der Kalk von Mons dem Eocän zugerechnet wird, so würde sogar der Rückzug des Meeres zu einem wesentlichen Teile erst in das Eocän fallen.

Das untere Eocän, die Stufe von Soissons oder das Suessonien, beginnt im Pariser Becken mit einer marinen Sandbildung, dem Sande von Bracheux mit Ostrea bellovacina, und den Sanden von Châlons sur Vesle, die aber nicht im ganzen Gebiete, sondern nur im nördlichen und nordöstlichen Teile desselben auftreten, während der Süden des Beckens vom Meere nicht erreicht worden zu sein scheint. In den Sanden von Bracheux ist das älteste tertiäre Säugetier des Pariser Beckens gefunden worden, Arctocyon, ein ziemlich großes Raubtier aus der oben besprochenen Abteilung der Kreodonten, das im Baue des Schädels und in der sehr niedern Entwickelung des Gehirnes noch manche Charaktere von Beuteltieren zeigt. Dem obern Teile der Sande von Bracheux entsprechen dem Alter nach einige Binnenablagerungen in den vom Meere nicht überfluteten Gegenden, so die Kalke von Rilly in der Nähe von Reims mit ihrer reichen Fauna von Land- und Süßwasserschnecken, die sich in ihrem Charakter am nächsten an diejenigen anschließen, welche jetzt in Indien und Afrika leben, aber auch Anklänge an Brasilien zeigen. Hierher gehören ferner auch die Konglomerate von Cernay bei Reims, in denen Lemoine in neuerer Zeit eine Anzahl wichtiger Wirbeltierreste gefunden hat, so Pleuraspidotherium, Protoadapis, Plesiadapis, Neoplagiaulex, ein Beuteltier, das auch im untersten Eocän von Nordamerika auftritt; dazu gesellt sich Gastornis, ein großer Vogel, den man ursprünglich für einen nahen Verwandten der Strauße hielt, der aber, wie nun festgestellt ist, geflügelt

und mit gekieltem Brustbeine versehen war und in jedem Kiefer mindestens einen Zahn trug. Auch Reptilreste kommen hier vor, welche übereinstimmend in Amerika wiederkehren. Von andern Bildungen gehören hierher die Kalktuffe oder Travertine von Sezanne südlich von Epernay, welche zahlreiche wohlerhaltene Pflanzenreste aufweisen, und ähnliche Floren gibt es bei Soissons, ferner in Belgien bei Gelinden im Hennegau. Eichen, Lorbeer, Epheu, Weinrebe, Sassafras, Kastanien, Lebensbäume (Thuja), Myrten, Zimt- und Kampferbäume und eine Reihe andrer Formen bilden eine Flora, welche nach Saporta nicht sowohl einen tropischen als einen subtropischen Charakter zeigt, und der namentlich die Palmen zu fehlen scheinen; sie zeigt große Ähnlichkeit mit der Pflanzenwelt, welche in Amerika im untersten Eocän herrscht.

Nach Ablagerung der Sande von Bracheux zog sich das Meer wieder aus dem Pariser Becken zurück, und es lagerten sich Thone mit Süßwasserkonchylien und Braunkohlen ab (plastischer Thon und Lignit), welche nur gegen Norden Einlagerungen von brackischem oder marinem Charakter enthalten; hier werden die Säugetierreste etwas reichlicher, und namentlich findet sich Coryphodon (s. S. 448), das bezeichnendste Huftier der alteocänen Fauna. Dann schritt das Meer abermals vor, und es bildete sich eine Ablagerung sehr fossilreichen Marinsandes mit zahllosen Konchylien und mit vielen kleinen Schalen der oben genannten Foraminiferenabteilung der Nummuliten (Nummulites planulatus), welche allerdings hier bei weitem nicht in jener ungeheuern Menge und bedeutenden Größe vorkommen wie in den Eocänablagerungen südlicher Gegenden. Besonders ausgezeichnet treten die Fossilien dieses Horizontes in den Sandgruben des Dorfes Cuise la Motte in der Nähe von Compiègne auf und haben danach den Namen des Sandes von Cuise erhalten.

Mit dem Sande von Cuise schließt das untere Eocän (Suessonien) im Pariser Becken ab, und es beginnt das mittlere Eocän (Parisien). Das bekannteste und fossilreichste Gebilde dieser Gegend ist der Grobkalk, ein bald sandiger, bald mergeliger oder glaukonitischer Kalk mit zahllosen Meereskonchylien und vielen Foraminiferen, unter welchen in den tiefsten Schichten die Nummuliten, in den höhern Regionen die Miliolideen (s. S. 416) die hervorragendste Rolle spielen. Das obere Eocän endlich wird wieder der Hauptsache nach durch eine Sandbildung, den Sand von Beauchamps, repräsentiert, der an Ausbreitung hinter dem Grobkalke zurückbleibt, also ein Zurückweichen des Meeres bezeichnet. Man nennt diese Ablagerung in der Regel den mittlern Meeressand (Sable moyen) im Gegensatze zu dem untern Meeressande, unter welchem Namen man die untereocänen Ablagerungen von Bracheux und Cuise zusammenfaßt, während die jüngern oligocänen Sande von Fontainebleau oberer Meeressand genannt werden. Auch der mittlere Meeressand ist überaus reich an Fossilien, ja die Menge ist hier wie im Grobkalke und im Sande von Cuise eine so außerordentliche, daß es kaum möglich ist, irgend welche Einzelheiten hervorzuheben. Außer diesen marinen Bildungen treten im obern Eocän im Pariser Becken auch Süßwasserkalke auf, deren bezeichnendstes Fossil eine Teichschnecke, Limnaeus longiscatus, ist, und welche nach einer charakteristischen Lokalität ihres Auftretens Kalke von St.-Ouen heißen. Säugetierreste sind im mittlern und obern Eocän nicht häufig, und sie weichen erheblich von denjenigen des untern Eocän ab. Wir begegnen den Vertretern einer neuen Säugetierfauna, in welcher die Gattungen Lophiodon und Propalaeotherium eine hervorragende Rolle spielen; im obern Eocän gesellen sich dazu Vorläufer jener reichen Tiergesellschaft, welche wir im untern Oligocän in den Ablagerungen des Pariser Gipses finden.

Das Eocän im südlichen England, in der Umgebung von London und in der Grafschaft Hampshire, gehört dem nördlichen Teile derselben Bucht an, deren südlichen Abschnitt das Pariser Becken bildet. Diese Zusammengehörigkeit bringt in vieler Beziehung große Ähnlichkeit mit sich, aber trotzdem finden sich auch sehr erhebliche Verschiedenheiten.

Die tiefsten Ablagerungen sind in England die Thanetsande, welche sich den Sanden von Bracheux in Frankreich vergleichen lassen. Wie hier die Thone mit Braunkohlen, so folgen nun auch in England in den Schichten von Woolwich und Reading Bildungen, in welchen sich der Einfluß süßen Wassers geltend macht, und im obern Teile des Untereocän kehrt auch hier reine Meeresbedeckung wieder; während wir aber im Pariser Becken in diesem Niveau die nummulitenführenden Sande von Cuise antreffen, tritt in England blauer Thon, der Londonthon, auf, mit einer Mächtigkeit, die stellenweise 160 m erreicht.

Wir müssen bei diesem Londonthone etwas verweilen, weil wir hier zum erstenmal eine Ausbildungsart vor uns haben, die sich im Verlaufe des Tertiär sehr oft wiederholt, und deren Verhältnisse zu verstehen von Wichtigkeit ist. Betrachten wir die Fauna des Londonthones, so finden wir dieselbe, abgesehen von zufällig eingeschwemmten Baumblättern, von Fischen, Reptilien ꝛc., ganz vorwiegend aus Mollusken zusammengesetzt. Unter diesen herrschen kleine und mittelgroße Schnecken vor und zwar in erster Linie die Angehörigen der Gattung Pleurotoma, zu denen sich zahlreiche andre Sippen und zwar vorwiegend von fleischfressenden Schnecken, wie Fusus, Conus, Murex ꝛc., gesellen; Muscheln sind in weit geringerer Zahl vorhanden, und es sind fast ausschließlich kleine oder sehr dünnschalige Arten (Nucula, Leda, Arca, Corbula). Solche Pleurotomenthone finden sich in den verschiedensten Abteilungen des Tertiär, vom Eocän bis zum Pliocän, und zeigen überall in dem Habitus der ganzen Fauna große Übereinstimmung, wenn auch ganz verschiedene Arten der einzelnen Gattungen auftreten. Nach dem Gesteine und den Fossilresten haben wir es mit Ablagerungen zu thun, welche nicht im seichten Wasser und nicht im Bereiche der Brandung abgelagert sind, sondern in etwas tieferer See, jedoch nicht im offenen, küstenfernen Meere, sondern nahe genug dem Lande, um die Zufuhr von massenhaftem, thonigem Sedimente erhalten zu können. Ohne daß wir sie als eigentliche Tiefseebildungen betrachten können, die es im Tertiär überhaupt kaum gibt, stellen doch unter den gewöhnlich vorkommenden Faciesentwickelungen des Tertiär die Pleurotomenthone wahrscheinlich diejenige dar, welche dem tiefsten Wasserstande entspricht. Von dem Londonthone glaubt man, daß er in einer Tiefe von etwa 200 m unter dem Wasserspiegel gebildet sei, und manche ähnliche Bildungen mögen vielleicht noch aus etwas größerer Tiefe stammen.

Das mittlere Eocän, dem Pariser Grobkalke entsprechend, ist in England in der Regel durch die fossilarme Ablagerung der Bagshotschichten bezeichnet, nur in Hampshire tritt an deren Stelle eine ziemlich mächtige Folge von Thonen, Mergeln, Sanden mit einer reichen Marinfauna auf, die Brackleshamschichten, deren Fauna mit derjenigen des Grobkalkes übereinstimmt. Das obere Eocän endlich wird durch die sogenannten Bartonthone gebildet, welche von gleichem Alter sind wie die Sande von Beauchamps.

Es würde zu weit führen, noch andre Beispiele für die Entwickelung des nordeuropäischen Eocän anzuführen, wie sie etwa Belgien bietet. Das Geschilderte bietet hinreichend das Bild einer großen, ziemlich seichten Meeresbucht mit außerordentlich flachen Rändern, an welchen selbst geringe Niveauänderungen schon sehr erhebliche Verrückung der Grenze zwischen Wasser und Land hervorbringen. Wir sehen in den Vorgängen, wie sie sich hier in der ältern Tertiärzeit abspielen, ein schönes und lehrreiches Beispiel der mannigfachen Schwankungen, welche in einem derartigen Gebiete vor sich gehen, ehe es vom Meere endgültig verlassen wird. Es geschieht das nicht mit einemmal, sondern die ganze ältere Tertiärzeit wird von diesen Oszillationen ausgefüllt, welche mit einem starken Rückgange des Meeres zu Ende der Kreideformation beginnen und nach mannigfachen verwickelten Wechselfällen erst mit Schluß der Oligocänzeit wenigstens im Gebiete von London und Paris zu lange dauernder Trockenlegung führen.

Die Nummulitenschichten und untere Molasse.

Im Gegensatze zu diesen Typen des nordeuropäischen Eocän mit ihren lockern, das Gepräge jugendlichen Alters an sich tragenden Gesteinen finden wir eine durchaus verschiedene Entwickelung, wenn wir uns dem Reiche der Nummulitenkalke (s. untenstehende Abbildung), dem südlichen Europa, und den übrigen Gegenden zuwenden, deren Ablagerungen in ähnlicher Weise entwickelt sind. Harte, feste Kalke, Thonschiefer, Schieferthone, Sandsteinmassen von oft riesiger Mächtigkeit treten hier auf, während an manchen Punkten, in der Umgegend alttertiärer Vulkangruppen, vulkanische Asche das Material zu ansehnlichen Tuffbildungen geliefert hat.

In der Verbreitung des ältern Tertiär und namentlich des Eocän läßt sich in diesem südlichen Gebiete noch eine sehr entschiedene Annäherung an die Verhältnisse erkennen, wie wir sie in ältern Perioden kennen gelernt haben. Bei Besprechung der Verbreitung des Jura haben wir gesehen, daß ein langhin von Westen nach Osten gestreckter Meeresteil, im Norden und Süden von Festland eingesäumt, sich aus der Gegend von Zentralamerika quer durch den heutigen Atlantischen Ozean über das südliche und mittlere Europa durch Kleinasien, Persien und Afghanistan nach Indien erstreckte und in der Gegend des Golfes von Bengalen nach Südosten in den offenen Ozean ausmündete. Dieses zentrale Mittelmeer, welches den östlichen Teil des Stillen Ozeanes mit den indischen Gewässern verband, hat im Laufe der Zeit mannigfache Veränderungen erlitten. Ob zu Beginn des Tertiär dessen westlicher Teil noch von Festland eingesäumt war, mit andern Worten, ob damals Afrika noch mit Brasilien und Nordeuropa noch mit Nordamerika zusammenhing, oder ob der Atlantische Ozean schon in seiner heutigen Gestalt existierte, können wir für den Augenblick nicht erörtern. Im Osten aber bestand das zentrale Mittelmeer fort, zur Eocänzeit erstreckte es sich noch von der atlantischen Küste Europas bis nach Indien, und wahrscheinlich erst zu Ende des Oligocän wurde der Zusammenhang zerrissen, und nach vielfachen Schwankungen stellt uns heute das Mittelländische Meer den letzten Rest jener mächtigen Meeresstraße dar.

Nummulitenkalk.

Große Veränderungen zeigt allerdings das zentrale Mittelmeer des Eocän, verglichen mit dem der Juraformation, Umgestaltungen, die während der Kreidezeit angebahnt wurden. Der ganze nördliche Teil ist festes Land geworden, fast in ganz Europa ist die Nordgrenze diejenige, welche in der Jurazeit die alpine von der außeralpinen Meeresprovinz trennte. Im südlichen Frankreich reicht das Meer etwas weiter nach Norden, es bedeckt auch die Umgebung von Bordeaux mit Ablagerungen, welche Merkmale der nördlichen mit solchen der südlichen Entwickelung zu verbinden scheinen. Im übrigen hält sich die Nordgrenze der eocänen Meeresbildungen fast genau an die nördliche Grenze der alpinen und karpathischen Region. Gegen Süden erstreckt sich das Meer weit nach Nordafrika in

Digitized by Google

die Region der Sahara, deren Hammaden oft von Millionen von Nummulitenschalen bedeckt sind, und namentlich in der Libyschen Wüste und in Ägypten treten sie in großer Verbreitung auf. Nach Osten setzt sich das breite Gebiet der Nummulitenschichten durch ganz Südeuropa, den Kaukasus, Kleinasien, Syrien, Arabien und weiterhin bis in die Ketten des Karakorum und Himalaja fort, es breitet sich im nördlichen Teile von Vorderindien bis in den Golf von Bengalen aus und läßt sich von da über Java und Sumatra bis Borneo und nach den Philippinen verfolgen.

Gegen Norden schließen sich an dieses zentrale Mittelmeer einige Ausläufer an, die buchtenartig in das feste Land eingegriffen zu haben scheinen, denen aber, ihrer nördlichern Lage entsprechend, die massenhaften Nummuliten, die Charakterformen der südlichen Entwickelung, fehlen. Hierher gehören die wenigen Denudationsreste eocäner Schichten in Südrußland und die fossilreichen Ablagerungen Zentralasiens, die nach den Forschungen von Muschketow und Romanovsky in den Gebirgsmassen des Pamir und im Thianschan große Verbreitung zu besitzen scheinen.

Allerdings war durchaus nicht das ganze Gebiet des zentralen Mittelmeeres offene Wasserfläche, im Gegenteile ragten aus derselben Inseln von großem Umfange hervor. So waren vor allem die zentralen Teile der Alpen und Karpathen langgestreckte, trockne Regionen, und für eine Reihe andrer Inseln von beträchtlichem Umfange läßt sich die Existenz teils beweisen, teils sehr wahrscheinlich machen. Ragten aber auch die Alpen, ein Teil der Karpathen, der Apenninen, der Pyrenäen, des Himalaja zur Zeit des Eocän schon über den Meeresspiegel empor, so fanden dort doch noch die gewaltigsten Bewegungen der gebirgsbildenden Kräfte nach Ablagerung der Nummulitenschichten statt. Diese sind aufgerichtet, gefaltet, überworfen, kurzum in der großartigsten Weise gestört, sie reichen in den Alpen stellenweise fast bis zu einer Meereshöhe von 3000 m, in den Pyrenäen überschreiten sie diese Linie um ein Erhebliches, und im Himalaja hat man sie in einer Höhe von mehr als 5000 m anstehend gefunden.

Die marine Tierwelt des südlichen Eocändistriktes unterscheidet sich, abgesehen von der außerordentlichen Menge der Nummuliten, noch durch eine Reihe andrer Merkmale von derjenigen Nordeuropas. Unter den Mollusken fällt die im Durchschnitte bedeutendere Größe der südlichen Formen auf. Betrachtet man z. B. eine Sammlung von Konchylien aus dem Pariser Becken, aus dem Sande von Cuise, aus dem Grobkalke &c., so dominieren die ziemlich kleinen Typen sehr stark, und nur eine sehr geringe Zahl von Arten erhebt sich über Mittelgröße. Vergleicht man damit die Vorkommnisse vom Kressenberg bei Traunstein im südlichen Bayern, von Mattsee bei Salzburg, von Ronca und andern Lokalitäten in Oberitalien, so findet man hier viel stattlichern Wuchs. Dazu kommt der außerordentliche Reichtum an Seeigeln, die an manchen Punkten namentlich durch die zahllosen Echinolampiden und Spatangen eine außerordentliche Artenfülle entwickeln, endlich das Auftreten von Riffkorallen, die stellenweise in der südlichen Region in Massen vorkommen, im Norden aber fehlen oder nur in kümmerlichen Spuren vorhanden sind. Reste von Landsäugetieren sind nur spärlich gefunden worden, dagegen enthalten manche Lokalitäten eine außerordentliche Menge fossiler Fische. Eine der berühmtesten Fundstätten dieser Art bilden die schwarzen Dachschiefer von Glarus, die eine ganze Menge eigentümlicher Geschlechter enthalten und wie durch diesen paläontologischen Charakter, so auch durch ihre Gesteinsbeschaffenheit in hohem Grade ausgezeichnet sind, indem sie ganz den Thonschiefern der ältesten paläozoischen Formationen gleichen. Ein zweiter durch das massenhafte Vorkommen von Fischen und deren treffliche Erhaltung hervorragender Punkt ist Monte Bolca im Veronesischen, wo außerdem auch prachtvolle Pflanzenreste, namentlich riesige Palmen, vorkommen.

Überhaupt bildet die Gegend von Vicenza und Verona in Oberitalien wohl diejenige Region in Südeuropa, wo die Eocänablagerungen die reichlichste Ausbeute an schön erhaltenen Versteinerungen liefern. Die Kalke und basaltischen Tuffe von Ronca, die Kalke von Monte Postale, die Schichten von San Giovanni Ilarione haben eine Menge prachtvoller Reste von Konchylien, Seeigeln und Krabben (s. Abbildung, S. 404 unten) geliefert. Auch manche Vorkommnisse in Südfrankreich, in Ungarn, in Istrien und Dalmatien enthalten schöne Fossilreste, im allgemeinen aber läßt die Erhaltung in den Nummulitenschichten viel zu wünschen übrig. So sind z. B. in den Eisenerzen des Kressenberges und von Mattsee sowie an manchen Punkten in der Schweiz massenhafte Konchylien und Seeigel teilweise von mächtiger Größe vorhanden, aber die meisten Exemplare sind rohe Steinkerne, die ihre Schale verloren haben, oder so verunstaltet erhalten, daß es kaum möglich ist, sie mit wirklicher Sicherheit zu bestimmen. Reicher als die meisten europäischen Fundorte scheinen diejenigen der Nummulitenschichten in Indien sowie, nach den Schilderungen von Zittel, in Ägypten und der Libyschen Wüste zu sein.

An vielen Punkten hat man eingehende Studien über die Gliederung der eocänen Nummulitenschichten in eine große Anzahl von Horizonten sowie Vergleiche der einzelnen Gegenden untereinander und mit den Ablagerungen der nördlichen Region angestellt; doch haben diese Parallelen in manchen Beziehungen noch nicht den nötigen Grad von Sicherheit erreicht, und namentlich die Vergleiche mit dem Pariser Becken lassen noch vieles zu wünschen übrig. Es ist auch ganz begreiflich, daß es nur schwer gelingen kann, diese verschiedenen zoographischen Provinzen angehörigen Bildungen genau in Übereinstimmung zu bringen, zumal es sich größtenteils um Seichtwasserabsätze handelt, die schon auf geringe Erstreckung ihren Charakter ändern. Man kann gar nicht erwarten, daß alle die mannigfaltigen Glieder, die sich in einer Bucht des Nordmeeres abgesetzt haben, in analoger Weise in dem südlichen Ozeane wiederkehren; es wird vor allem notwendig sein, die Beziehungen der einzelnen Abteilungen der südlichen Entwickelung genau festzustellen, und dann erst wird man untersuchen können, wie weit man im Vergleiche mit jenen nördlichen Vorkommnissen gehen kann.

Ziemlich allgemein ist im Bereiche der Nummulitenschichten ein Glied zu unterscheiden, das in seiner Fauna mit derjenigen des Pariser Grobkalkes nahe Übereinstimmung zeigt und dem mittlern Eocän entspricht. Hierher gehört die mächtigste Entwickelung der Nummulitenkalke, die Ablagerungen vom Kressenberg und von Mattsee, Sonthofen und andern Punkten in den Nordalpen, die Hauptnummulitenkalke in Istrien, Dalmatien und in den Karpathen, die Tuffe von Ronca in Oberitalien und die berühmten Nummulitenkalke von Mokattam bei Kairo in Ägypten mit ihren prachtvollen Seeigeln und Krabben. Dagegen wird es häufig sehr schwer, untereocäne Ablagerungen in diesen Gebieten nachzuweisen, es scheint, als ob dieselben in manchen Gebieten ganz fehlten; in der Gegend von Vicenza kann man die Tuffe von Spilecco mit einem unsymmetrisch geformten Brachiopoden, der Rhynchonella polymorpha, hierher rechnen, und im istrisch-dalmatischen Gebiete, das wir durch die Untersuchungen von Stache genauer kennen, wird der obere Teil des Untereocän durch Kalke gebildet, welche durch die Foraminiferengattung Alveolina charakterisiert sind. Unter diesen folgen dann die schon bei Beschreibung der Kreideformation erwähnten Süßwasserablagerungen der Cosinaschichten, welche die oberste Kreide und das unterste Eocän repräsentieren. Die vollständigste marine Entwickelung findet nach Zittel das Untereocän in Ägypten und der Libyschen Wüste, in Ablagerungen, welche mit dem Namen der libyschen Stufe bezeichnet werden, und auch in Indien scheinen ausgezeichnet entwickelte untereocäne Schichten aufzutreten. Obereocäne Ablagerungen sind bei Reichenhall im bayrischen Gebirge, in Istrien und Dalmatien, in Oberitalien ꝛc. nachgewiesen.

Neben dieser vorwiegend kalkigen und meist sehr fossilreichen Ausbildung des Eocän läuft aber in Südeuropa noch eine andre Facies her, die sogenannte Flysch- oder Macignoentwickelung. Schon bei Besprechung der Kreideablagerungen wurde erwähnt, daß am Nordrande der Alpen und Karpathen, namentlich aber in den letztern zu ungeheurer Mächtigkeit und Verbreitung anschwellend, Massen von sehr versteinerungsarmen Sandsteinen, Schieferthonen und Mergeln auftreten, welche überaus selten deutliche Reste von Mollusken, in einzelnen Schieferhorizonten Fische, sonst aber fast nur die Abdrücke niedriger Pflanzen und eigentümliche Wülste enthalten, welche als die Spuren von Würmern betrachtet werden.

Diese Ablagerungen wurden zuerst aus den Schweizer Alpen beschrieben, wo sie der Hauptsache nach eocänen und oligocänen Alters sind; weiter im Osten sind auch Kreidehorizonte in dem Sandsteingürtel vertreten, und in den östlichsten Alpen und in den Karpathen umfassen der Wiener Sandstein und Karpathensandstein, wie diese Gebilde hier genannt werden, die ganze Schichtfolge vom Ende des Jura bis zum Beginne des obern Tertiär. Das Auftreten von Flyschsandsteinen ist aber nicht auf diese Gegenden beschränkt, sie treten in gleicher Weise in Italien, Istrien und Dalmatien, in Bosnien und Albanien, in Griechenland, Kleinasien und im Kaukasus auf; in einigen Gegenden, z. B. in Istrien und Dalmatien, scheint es nur alttertiäre Sandsteine zu geben, in andern, z. B. in Mittelgriechenland, nur solche der Kreideformation, während in Italien, Bosnien ꝛc. ebenso wie in den Karpathen beide Abteilungen in der Flyschausbildung vorkommen. Übrigens treten ganz ähnliche Verhältnisse auch außerhalb Europas auf: an der Westküste von Borneo, ferner auf den Andamanen und Nikobaren finden sich Ablagerungen, welche mit denjenigen des europäischen Flysches in der Ausbildung wie dem Alter nach ganz übereinzustimmen scheinen, und dasselbe gilt von einem großen Teile der südamerikanischen Westküste, von dem Küstengebirge in Kalifornien sowie von manchen Vorkommnissen auf den westindischen Inseln.

Das Auftreten dieser überaus mächtigen und sehr fossilarmen Sandstein- und Mergelbildungen von marinem Ursprunge ist in hohem Grade auffallend und die Bedeutung und Bildungsweise des Flysches noch durchaus ein Rätsel. Vor allem ist es in hohem Grade zweifelhaft, woher die Masse sandigen Sedimentes stammt, das z. B. am Nordrande der Alpen, vom Waadtlande bis Wien, auf einer ganz schmalen Zone sich zeigt, und keine der verschiedenen Hypothesen, welche zur Erklärung dieser sonderbaren Verhältnisse aufgestellt worden sind, kann als richtig oder wahrscheinlich anerkannt werden. Besonders merkwürdig werden diese Bildungen noch dadurch, daß in den meisten Fällen, in welchen man eine Umwandlung geologisch jüngerer Gesteine in kristallinische Schiefer nachweisen kann oder zu können glaubt, es Flysch oder flyschartige Gesteine sind, welche diese eigentümlichen Erscheinungen zeigen.

Eocänen und oligocänen Flysch voneinander zu trennen, ist in der Regel kaum möglich, wenn dies auch in einzelnen Gegenden gelingt. Ebenso sind auch die normalen Marinbildungen des Oligocän in der südlichen Region denjenigen des Eocän sehr ähnlich und schließen sich diesen unmittelbar an. Im untern Oligocän kommen noch Nummuliten stellenweise in Menge vor, und auch im übrigen ist vielfach große Ähnlichkeit mit dem Eocän vorhanden. Doch verändert sich die Ausdehnung des Meeres, wie es scheint, in dieser Region in der Weise, daß dasselbe sich aus einem Teile von Nordafrika zurückzieht, allerdings wohl in geringerm Maße, als man in der Regel annimmt, wie das isolierte Vorkommen oligocäner Ablagerungen auf einer Insel des Sees von Birket el Qurum in Mittelägypten zeigt. Wir wollen hier nicht eine ausführliche Schilderung dieser Bildungen geben; die reichste Entwickelung der rein marinen Ablagerungen finden wir im Vicentinischen,

in Ungarn und in der Gegend von Bordeaux, doch fehlen sie auch in vielen andern Gegenden nicht. Besonders ausgezeichnet sind diese alpinen Oligocänablagerungen durch das massenhafte Vorkommen großer Stöcke von Riffkorallen, die namentlich bei Crosara und Castel Gomberto bei Vicenza in prachtvoller Ausbildung erscheinen, aber auch viel weiter nach Norden reichen. Bei Oberburg in Kärnten treten dieselben Korallen auf wie bei Castel Gomberto, und auch am Nordrande der Alpen finden sich noch oligocäne Riffkorallen, z. B. am Waschberge bei Stockerau unweit Wien.

Erst im obern Oligocän zieht sich das Meer aus vielen Gegenden Südeuropas, die bis dahin überflutet waren, zurück, und es bilden sich große Binnenwasser von meist brackischem, selten von süßem Wasser, und die Ablagerung von Kohlen ist in dieser „aquitanischen Stufe" sehr ausgedehnt. In dem mehrfachen Wechsel von stärker marinen mit mehr brackischen Schichten kommen als die bezeichnendsten Leitfossilien Cerithium margaritaceum und Cyrene semistriata vor, und die Reste der großen Anthrakotherien, welche geschildert wurden, finden hier große Verbreitung. Hierher gehören die Kohlenflöze von Miesbach, Peißenberg, Pensberg und andern Orten am Rande der Bayrischen Alpen, die kohlenführenden Sotzkaschichten von Sotzka, Trifail, Sagor und andern Orten in Steiermark und Krain, einige Kohlenvorkommnisse in Kroatien und Slavonien, im Schylthale in Siebenbürgen, von Monte Promina in Dalmatien, von Cadibona in Ligurien und verschiedenen Punkten in der Schweiz und Südfrankreich.

Wo am Nordrande der Alpen diese oberoligocänen oder aquitanischen Ablagerungen auftreten, gehören sie einem äußern Gürtel an, welcher nördlich von dem Flyschgebiete verläuft; mittel- und oberoligocäne sowie miocäne Schichten bilden diese äußere Zone, in welcher namentlich grobe, häufig fossilreiche Sandsteine das herrschende Gestein sind. Zu ihnen gesellen sich oft Konglomerate, welche bisweilen außerordentliche Mächtigkeit erreichen, so namentlich in der Schweiz, wo der Rigi und der Speer aus derartigen Bildungen zusammengesetzt sind. Von großem Interesse ist die Beobachtung von Studer, daß die Rollsteine, welche die Konglomerate gerade in dieser Gegend zusammensetzen, wenigstens in gewissen Abteilungen nicht aus den Alpen stammen, sondern aus Felsarten bestehen, welche im gegenüberliegenden Schwarzwalde anstehen.

Man hat alle diese subalpinen Tertiärbildungen mit einem im Waadtlande gebräuchlichen Lokalnamen, als Molasse, bezeichnet. Molassenzone wird der Gürtel genannt, den sie am Rande der Alpen bilden, ein bald breiteres, bald schmäleres Gebiet, meist aus sanft gerundeten Hügeln und niedern Bergen bestehend, das nur in einzelnen Teilen der Schweiz, wo große Konglomeratmassen in der Molasse vorhanden sind, sich, wie eben erwähnt, zu bedeutenden, fast bis 2000 m ansteigenden Höhen erhebt. In manchen Gebieten, namentlich in Oberschwaben und in der Schweiz, greifen übrigens die Molasseschichten weit über diese subalpine Zone hinaus nach Norden, und namentlich in der Schweiz breiten sie sich im Gebiete des Juragebirges aus und sind hier gleich den ältern Ablagerungen mächtig gefaltet und aufgerichtet.

Man unterscheidet vielfach in den Molassebildungen vier Unterabteilungen, als ältestes Glied tritt die untere Meeresmolasse auf, welche mitteloligocäne Maringebilde umfaßt, dann folgt die untere Süßwassermolasse oder die Stufe der oberoligocänen (aquitanischen), kohlenführenden Ablagerungen, während die obere Meeresmolasse und die obere Süßwassermolasse dem Miocän zufallen.

Um Mißverständnisse zu vermeiden, mag hier noch angeführt werden, daß der Name Molasse von manchen Geologen in einem ganz andern und viel weitern Sinne angewendet worden ist. Da der Name Tertiär in vieler Beziehung sehr ungeeignet ist und auf ganz veralteten Anschauungen beruht, so hat man denselben schon vor längerer Zeit zu verdrängen

und dafür Molassenformation einzuführen gesucht. Da aber auch dieser Sprachgebrauch manches Unrichtige in sich birgt und namentlich die wirkliche Molasse nur einen Teil des Tertiär umfaßt, so hat sich diese Neuerung keinen Eingang zu verschaffen vermocht.

Das nordeuropäische Oligocän.

Wir kehren von der Betrachtung der südlichen Entwickelung des ältern Tertiär zu den nordeuropäischen Gebieten zurück, deren oligocäne Ablagerungen wir kennen lernen müssen. Mächtige Veränderungen gehen hier in der Verteilung von Wasser und Land vor sich, in einer Ausdehnung und von einer Bedeutung, wie sie diese Gegenden seit der Mitte der Kreidezeit nicht mehr betroffen haben. Das Meer greift auf weite Gebiete über, die bis dahin festes Land waren, und es tritt eine der bedeutendsten Transgressionen ein, welche in dieser Region überhaupt stattgefunden haben, während sich gleichzeitig das Meer aus andern Gebieten zurückzieht. War bisher das Becken von London und Paris und die belgische Area der Hauptsitz mariner Entwickelung, so überwiegen von nun an wenigstens in dem erstern Bezirke brackische Entwickelung, und neben Belgien wird Norddeutschland durch die weite Verbreitung ausgedehnter Meeresablagerungen ausgezeichnet.

Während aus ganz Norddeutschland, abgesehen von wenigen Diluvialgeschieben, keine Spur eocäner Meeresbildungen bekannt ist, sehen wir im Oligocän den ebenen Teil des Landes von einer zusammenhängenden weiten Wasserfläche bedeckt, und von dieser aus erstrecken sich einige größere Buchten nach Süden, welche Becken zwischen dem ältern Gebirge ausfüllen. Eine solche Bucht, die niederschlesische, erstreckt sich von Liegnitz in der Oderniederung über Breslau bis Neiße und Oppeln, eine zweite, die sächsisch-thüringische Bucht, reicht aus der Gegend von Wurzen und Halle bis weit in die Thäler Thüringens. Eine dritte, die niederrheinische Einbuchtung, bringt bis südlich von Bonn vor. Das Wasser drang aber nicht weiter in dem Rheinthale ein, vor allem existierte damals der tiefe Einschnitt noch nicht, welcher heute unterhalb Mainz das rheinische Schiefergebirge durchbricht. Dagegen war eine Wasserstraße vorhanden, die von Norden her über Kassel und Ziegenhain, am westlichen Fuße des Vogelsberges vorüber, nach der Wetterau und dem Mainzer Becken führte, und vielleicht reichte noch eine zweite Verbindung von Kassel östlich vom Vogelsberg über Fulda dorthin. Hier in der Gegend von Mainz und Frankfurt breitete sich das Wasser weiter aus und zog sich dann durch die damals schon vorhandene Einsenkung zwischen Schwarzwald und Vogesen, dem heutigen Rheinthale entsprechend, nach Süden, um sich mit dem Südmeere zu verbinden, in welchem sich die Molassenschichten niederschlugen. In dieser Richtung erreicht also das Meer wenigstens vorübergehend eine Ausdehnung, wie sie seit der Zeit des obern Jura nicht mehr vorhanden war.

Nach Westen erstreckt sich das Meer von Norddeutschland aus nach Belgien, wo zahlreiche marine Ablagerungen seine Anwesenheit bekunden, und von da aus in das Pariser Becken, wo allerdings das untere und obere Oligocän zum größten Teile durch Binnenablagerungen vertreten sind, während das mittlere Oligocän durch ein sehr weites Umsichgreifen des Meeres ausgezeichnet ist. Anders verhält es sich in England, wo oligocäne Marinablagerungen fast ganz fehlen, während brackische und limnische Bildungen die Hauptrolle spielen.

Im nördlichen Deutschland ist allerdings nicht das ganze Gebiet, das wir als vom Wasser bedeckt bezeichnet haben, während der ganzen Oligocänzeit vom Meere überflutet, wir finden vielmehr auch in großer Ausdehnung und Verbreitung Kohlenablagerungen, die sich wenigstens größernteils in brackischem oder süßem Wasser gebildet haben. Es sind

das die bekannten Braunkohlenlager Norddeutschlands, welche in den drei oben genannten Buchten, der niederschlesischen, der sächsisch-thüringischen und der niederrheinischen, entweder ausschließlich auftreten, oder doch stark dominieren, aber auch in der offenen Ebene in großer Verbreitung vorkommen. Sie bedecken oder bedeckten einen Flächenraum von einigen Tausend Quadratmeilen und bestehen großenteils aus losen Aufschüttungen von Quarzgeröllen, die bisweilen auch durch kieseliges Bindemittel zu überaus festen Konglomeraten verbunden sind. Außerdem erscheinen weiße oder farblose Quarzsande, Sandsteine und Quarzite sowie graue oder weiße plastische Thone, welche häufig Pflanzenreste enthalten; dazu gesellt sich die Braunkohle selbst, die bisweilen in außerordentlich mächtigen Flözen auftritt und von großer technischer Bedeutung ist.

In der mannigfaltigsten Weise wechseln mit diesen Braunkohlenbildungen die oligocänen Meeresniederschläge ab. Diese sind oft zwischen jene eingelagert, und das Verhältnis zwischen beiden deutet auf verwickelte Vorgänge und Veränderungen in jener Zeit hin, die wir aber nicht näher zu verfolgen im stande sind, da die tertiären Bildungen unter der verhüllenden Decke der mächtigen Diluvialablagerungen liegen und nur an beschränkten Stellen an die Oberfläche heraustreten, so daß ein Überblick über die Gesamtheit der Erscheinungen gehindert wird.

Dem untern Oligocän oder der ligurischen (untertongrischen) Stufe gehört die große Hauptmasse der norddeutschen Braunkohlenablagerungen an, während marine Bildungen nur in ziemlich beschränktem Maße bekannt sind, so namentlich von Lattdorf, von Hermsdorf nördlich von Berlin und von Egeln und Aschersleben südwestlich von Magdeburg. Sind es aber auch nur verhältnismäßig wenige Punkte, von welchen wir diese Bildungen kennen, so darf man deswegen doch nicht glauben, daß das Meer damals nur einen sehr beschränkten Raum eingenommen habe, im Gegenteile muß dasselbe nach der weit gegen Süden gerückten Lage namentlich der letztgenannten Fundorte sich weit über das heutige Festland ausgedehnt haben. Die fossilführenden Ablagerungen sind teils lose Sande, teils Thonbildungen von jener Entwickelungsart, die wir oben als die der Pleurotomenthone kennen gelernt haben. In der reichen Molluskenfauna dieser Abteilung, als deren bezeichnendste Formen Spondylus Buchi, Leda perovalis, Astarte Bosqueti, Cytherea Solandri, Pleurotoma Beyrichi, subconoidea, Nassa bullata und Voluta decora genannt werden können, treten zahlreiche Gattungen auf, welche heute nur in warmen Meeren leben; dagegen fehlt es fast ganz an großen Konchylien, und die Riffkorallen, welche in den oligocänen Ablagerungen Südeuropas eine so bedeutende Rolle spielen, sind diesen wie allen nordischen Oligocänbildungen durchaus fremd, eine Erscheinung, die allerdings gerade hier bei der thonigen oder sandigen Beschaffenheit der Sedimente nicht befremden kann.

Neben diesen weitverbreiteten Vorkommnissen muß noch eine andre sehr eigentümliche Ablagerung von lokalem Charakter genannt werden, nämlich die Bernsteinformation des Samlandes bei Königsberg, weitaus das merkwürdigste Glied des deutschen Oligocän, ja ein Gebilde, das auf der ganzen Erde ziemlich einzig dasteht. Zwar findet sich Bernstein auch in Sizilien und in einigen andern Gegenden, aber nirgends unter so bemerkenswerten Verhältnissen und in solcher Menge wie hier. Schon seit den frühsten Zeiten wird der preußische Edelstein gesammelt und ausgebeutet, und noch heute sind dessen Fundgruben unerschöpft und liefern größere Mengen als jemals vorher. Schon in uralter Zeit suchten die Schiffe der Phöniker die Bernsteinküste auf, um das kostbare Elektrum herbeizuholen, und zahlreiche prähistorische Funde bezeichnen die alte Bernsteinstraße, den Zug des damaligen Tauschverkehres, auf welchem durch Binnenhandel der Bernstein zu den Kulturvölkern der Mittelmeerregion gelangte.

Der Bernstein ist das fossile Harz mehrerer fichtenartiger Bäume, vor allen wohl des Pinus succifer, welche ungefähr um die Mitte der alttertiären Zeit das damalige Festland bedeckten. Vermutlich war ein großer Teil des nördlichen Europa damals mit solchen Nadelwäldern bestanden, und die Forsten von Skandinavien und Finnland haben wohl hauptsächlich jene Harzmassen geliefert, welche durch Flüsse ins Meer gelangten und, hier von marinen Sedimenten umhüllt, im Laufe langer Zeiträume sich zu Bernstein fossilisierten.

Die ursprüngliche Lagerstätte des Bernsteines sind die marinen glaukonitführenden Ablagerungen des Samlandes, welche dort unter Braunkohlenschichten liegen. Das Alter derselben ist noch nicht mit voller Sicherheit festgestellt; man hielt die Bernsteinschichten für unteroligocän, nach den neuern Untersuchungen von Nöthling scheint aber die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß sie etwas älter sind und dem obern Eocän zugehören, in welchem Falle wir hier die einzige anstehende Ablagerung dieser Abteilung in ganz Norddeutschland vor uns hätten. Wir können uns hier nicht näher auf diese ziemlich verwickelte Frage einlassen, zumal die Meeresmollusken dieser Schichten, die wohl eine Entscheidung über diesen Gegenstand ermöglichen werden, noch nicht eingehend beschrieben worden sind. Vorläufig scheint aber noch die größere Wahrscheinlichkeit für die Zugehörigkeit zum untern Oligocän zu sprechen.

In der Bernsteinformation des Samlandes kann man mehrere Abteilungen unterscheiden, zu oberst die grüne Mauer, dann die weiße Mauer und den grünen Sand der Bernsteingräber, in welchen Bernstein nicht oder nur selten vorkommt, zu unterst folgt dann ein feinkörniger, thoniger Glaukonitsand, innerhalb dessen eine Schicht, die sogenannte blaue Erde, durch häufiges Vorkommen des wertvollen Minerales ausgezeichnet ist.

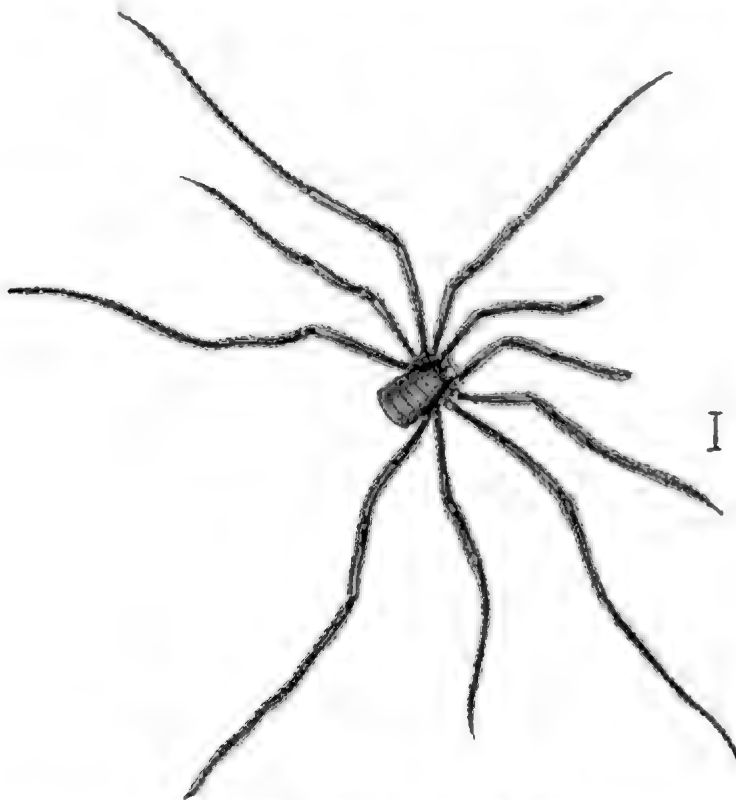
Die Gewinnung des Bernsteines wird in sehr verschiedener Weise betrieben: man hat mehrfach versucht, die blaue Erde bergmännisch auszubeuten, und namentlich in neuerer Zeit sind diese Arbeiten von Erfolg gekrönt und liefern erhebliche Mengen, weitaus der größte Teil aber wird auf andre Weise erhalten. Die Bernsteinschicht des Samlandes steht an vielen Punkten unmittelbar am Meere in einem Niveau an, daß sie von dessen brandenden Wogen gepeitscht wird und Teile derselben ins Meer gelangen; aus diesem thonig-sandigen Materiale wird das fossile Harz wie überhaupt jeder größere Körper durch die Wirkung des bewegten Wassers herausgeschlämmt. Während aber schwere Steine &c. am Boden liegen bleiben, kann der Bernstein nur schwer zur Ruhe kommen; er ist mechanischer wie chemischer Zerstörung wenig unterworfen, und da er nur sehr wenig schwerer ist als das Wasser, so sinkt er zwar bei ganz ruhiger See zu Boden, aber beim leisesten Wellenschlage wird er wieder aufgehoben und fortgespült, und alle die Bernsteinstücke, welche durch Zerstörung der Ablagerungen ins Meer gelangen, befinden sich daher, soweit sie nicht in zu tiefem Wasser liegen, bei jedem Winde und durch den Wechsel von Ebbe und Flut in steter Bewegung und werden wie andre flottierende Körper, als Schiffstrümmer, Seetiere, Tang &c., an die Küste geschleudert.

Die Abwaschung blauer Erde findet aber nicht nur heute statt, sondern derselbe Vorgang hat sich auch in früherer Zeit, während der Bildung der jüngern Tertiärschichten und während der Diluvialzeit, abgespielt, und so findet man denn auch in diesen jüngern Ablagerungen vielfach Bernstein eingeschwemmt, so z. B. in den Braunkohlenschichten des Samlandes, aber auch in jüngern Sedimenten und in beträchtlicher Entfernung von der ursprünglichen Lagerstätte, selbst außerhalb des Beckens der Ostsee, so z. B. an der Westküste von Jütland, Schleswig und Holstein und an den friesischen Inseln. Auch hier wäscht das Meer den Bernstein aus seiner zweiten Lagerstätte aus und schleudert ihn an den Strand.

Diese Auswürflinge sind es, welche zur Ebbezeit auf den vom Meere trocken gelassenen Strecken aufgelesen werden; sie liefern die Hauptmasse des Bernsteines, am reichlichsten natürlich in der Nähe der ursprünglichen Ablagerung, der blauen Erde des Samlandes, aber

auch anderwärts und selbst an manchen Teilen der Nordseeküste noch in solcher Menge, daß die Auffammlung gewerbsmäßig betrieben wird. Ganz besonders ergiebig hat sich in neuerer Zeit die Bernsteinausbeute gestaltet, seitdem man angefangen hat, in der Nähe besonders reicher Küstenstrecken am Meeresboden zu baggern. Wir gehen übrigens hier nicht weiter auf diesen Gegenstand ein, der unten bei Behandlung der nutzbaren Mineralvorkommnisse eingehend besprochen werden soll.

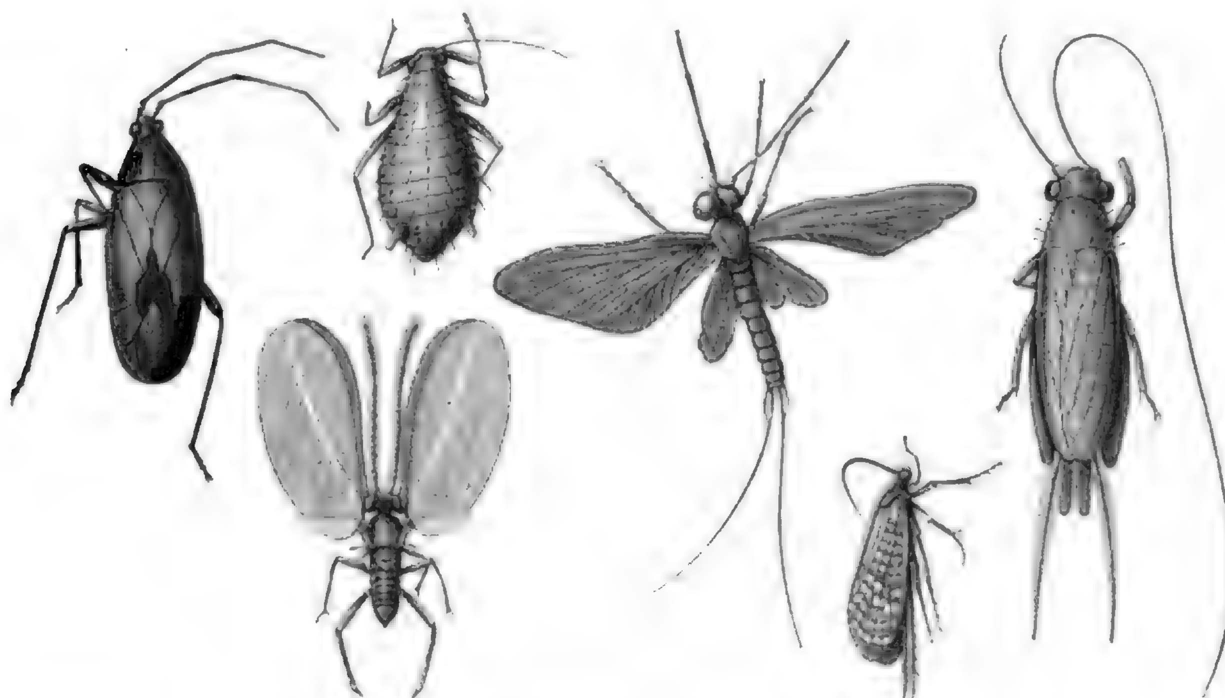
In wissenschaftlicher Beziehung ist der Bernstein namentlich von höchstem Interesse, weil in dem herrlichen, durchsichtigen Materiale eine Menge von Organismen in der zartesten Weise erhalten sind: zahllose Insekten, Spinnen, Pflanzenreste jenes oligocänen Fichtenwaldes wurden von dem flüssigen Harze umschlossen und in einer Vollständigkeit aufbewahrt, daß man die feinsten Einzelheiten fast so scharf wie an lebenden Exemplaren untersuchen kann. Wenn man in einem Nadelwalde die durchsichtigen Harzquellen betrachtet, die aus der verletzten Rinde von Fichten, Tannen, Föhren, Lärchen ꝛc. hervorquellen, so sieht man oft genug, daß sie mit ihrer zähen, klebrigen Masse Ameisen, Fliegen und eine Menge andrer Kerbtiere umschließen, und ebenso fingen sich in dem Harze der Bernsteinfichten zahlreiche Tierchen, die wir auf diese Weise kennen lernen (s. nebenstehende Abbildung und S. 489). Leider ist bis jetzt nur ein Teil dieser Formen beschrieben, aber man kann die Zahl der in verschiedenen Sammlungen aufbewahrten Arten wohl auf 2000 schätzen, eine Menge, über die man staunen darf. Allerdings wird es heute in den meisten Gegenden einem eifrigen Sammler im Verlaufe einiger Zeit nicht schwer werden, eine größere Artenzahl aufzubringen, aber wenn wir die Art und Weise bedenken, in welcher diese Sammlung oligocäner Insekten entstanden ist, so wird man doch deren Reichtum bewundern. Alle größern und kräftigern Insekten werden naturgemäß nicht oder nur ausnahmsweise vom Harze umhüllt; zahlreiche andre Formen werden infolge ihrer Lebensweise fast nie mit demselben in Berührung kommen, z. B. alle Wasserinsekten, die meisten auf eine bestimmte Pflanzenart als Nahrung angewiesenen Kerfe, diejenigen, welche vorwiegend von Aas, Mist ꝛc. leben, und eine große Reihe andrer Kategorien. Tragen wir dem Rechnung, so werden wir jedenfalls aus dem Vorhandenen darauf schließen dürfen, daß damals in Nordeuropa ein überaus reiches Insektenleben existierte.



Opilionide (Kanker), aus dem Bernsteine.

Das marine Unteroligocän Belgiens stimmt mit demjenigen Norddeutschlands nahe überein. Sehr verschiedene Verhältnisse finden wir aber im nördlichen Frankreich und im südlichen England. In der letztern Region tritt ein mehrfacher Wechsel von marinen, brackischen und Süßwasserbildungen auf, die Schichten von Headon, Bembridge und

Osborne, die namentlich auf der Insel Wight und in Hampshire entwickelt sind. In der tiefsten der drei genannten Abteilungen, in den Headon-Beds, finden sich eine oder mehrere Einlagerungen von rein marinem Charakter und mit dieser zusammen eine ziemlich reiche Konchylienfauna, welche mit der des norddeutschen und belgischen Unteroligocän nahe Verwandtschaft zeigt. In Nordfrankreich ist das Unteroligocän durch die Gipslager von Paris repräsentiert, welche am Montmartre und an andern Punkten ausgebeutet werden und die berühmte Säugetierfauna, die zahlreichen Paläotherien, Anoplotherien, Xiphodonten 2c., geliefert haben. Nicht die ganze Mächtigkeit dieser Stufe besteht jedoch aus reinem Gipse, sondern es finden mehrfache Wechsellagerungen von Gips und Mergeln statt, von welchen die letztern bisweilen ziemlich schlecht erhaltene Reste von Meereskonchylien enthalten. Dagegen pflegen diese dem Gipse zu fehlen, in diesem kommen dafür die Säuge-



Verschiedene Bernsteininsekten. Vgl. Text, S. 488.

tierreste vor, namentlich in dem tiefsten und gleichzeitig mächtigsten Gipshorizonte, dessen Mächtigkeit bis zu 20 m ansteigt. Die spärlichen Meereskonchylien der Mergel scheinen sich teilweise solchen des obern Eocän, teilweise jüngern Typen anzuschließen, doch ist bei deren geringer Zahl und schlechter Erhaltung nicht viel Wert für die Altersbestimmung auf dieselben zu legen. Man darf sich wohl die Entstehung des Pariser Gipses in der Weise vorstellen, daß ein Rückzug des Meeres stattfand, wobei jedoch im Zentrum des Pariser Beckens, in einer tiefer gelegenen Region, und durch eine Barre vom offenen Meere geschieden, Salzwasser zurückblieb, welches bei seiner Verdampfung Gips niederschlug. Natürlich konnte aber die hier vorhandene Wassermenge nicht eine 20 m mächtige Gipsmasse liefern, es muß also vom Meere aus bei Stürmen oder Springfluten neues Wasser immer wieder in den verdampfenden Binnensee geschleudert worden sein. Die Mergellager mit Meereskonchylien dagegen entsprechen offenbar den Perioden, in welchen infolge von säkularen Schwankungen das Meer auf einige Zeit wieder von dem Becken Besitz ergriff, ohne aber dasselbe auf die Dauer zu behaupten.

Mit dem mittlern Oligocän erreicht das Meer seine größte Verbreitung; es dringt im Pariser Becken weiter als zu irgend einer Zeit des Tertiär, bis über Fontainebleau hinaus

nach Süden, und es lagern sich die Sande von Fontainebleau ab. Merkwürdigerweise ist ebendieselbe Periode in England ganz anders vertreten, sie bezeichnet hier einen Rückgang des Meeres, es bildeten sich die sogenannten Hempsteadschichten, die ganz vorwiegend in süßem Wasser abgelagert sind und nur wenige marine Elemente enthalten. In Norddeutschland dagegen gelangt wie in Frankreich das Meer zu stärkster Verbreitung, und es eröffnet sich jene oben erwähnte Verbindung, welche über Kassel nach dem Mainzer Becken und von da zu dem südlichen Molassenmeere führt; zweierlei Arten von Meeresbildungen sind hier sehr verbreitet, nämlich Pleurotomenthone und Sande. Die Thone erreichen große Ausdehnung und enthalten zahlreiche Fossilien, in ähnlicher Weise finden sie sich im Mainzer Becken und in Belgien. Eine Eigentümlichkeit dieser Thone, die sie allerdings nicht ausschließlich zu eigen haben, bildet das häufige Vorkommen der sogenannten Septarien, thoniger, im Innern von Rissen und Sprüngen durchzogener Konkretionen, deren Sprünge durch Kristalle von Kalkspat, Braunspat und andern Mineralien ausgefüllt sind. Man nennt daher diese Ablagerungen häufig Septarienthone, eine Bezeichnung, für welche sich jedoch in neuerer Zeit nach dem Vorgange Koenens vielfach der von einer belgischen Lokalität genommene Name Rupelthone eingebürgert hat.

Sandablagerungen des mittlern Oligocän sind in Norddeutschland unter dem Namen der Sande von Stettin und Magdeburg bekannt; im Mainzer Becken finden sich solche namentlich bei Weinheim und Alzey, und diesen stehen auch die früher erwähnten Sandbildungen des Pariser Beckens, die Sande von Fontainebleau, sehr nahe.

Die obersten Lagen dieser Sande von Fontainebleau gehören schon dem obern Oligocän an, er zeigt uns, daß das Meer zu Beginn dieser Zeit noch weit ausgebreitet war, dann aber zieht sich dasselbe stark zurück, und es stellen sich Süßwasserbildungen ein; in Belgien ist marine Entwickelung vorhanden, und dieselbe tritt auch in Norddeutschland auf; doch ist der Raum, über welchen sie sich verbreitet, kein großer, man findet ihre Ablagerungen namentlich in der Gegend zwischen Hildesheim und Osnabrück, und besonders der Doberg bei Bünde ist ein Hauptfundort von Fossilien, unter denen einige schöne Seeigel und große Brachiopoden (Echinolampas Kleini, Hemipatagus Hoffmanni, Terebratula grandis) hervorragen. Daß übrigens die Ausbreitung des oberoligocänen Meeres in Norddeutschland keine so geringe war, als es nach diesen wenigen Vorkommnissen den Anschein haben möchte, geht aus dem Auftreten einiger kleiner Erosionsreste mariner Ablagerungen hervor, welche bedeutend weiter im Süden, in der Umgebung von Kassel, gefunden worden sind. Eine weitere Ausdehnung gegen Osten geht aus dem eigentümlichen Vorkommen der Sternberger Kuchen in Mecklenburg hervor; es sind das sehr harte Kalk- oder Sandsteingerölle, welche stellenweise ganz mit oberoligocänen Konchylien erfüllt und bisher nur in diluvialen Kiesablagerungen gefunden worden sind; anstehend kennt man diese Gesteine nicht, doch treten sie in zu großer Zahl auf, als daß sie von fernher transportiert sein könnten, sie müssen sich in Mecklenburg unter der Decke des Diluvium finden.

Während im Norden in diesem Niveau rein marine Ablagerungen auftreten, zeigen sich im Mainzer Becken schon die ersten Spuren einer Aussüßung des Wassers in dem Vorkommen einer Anzahl brackischer Formen aus den Gattungen Potamides (Cerithium), Hydrobia, Nematura, Cyrena rc., welche namentlich in den sogenannten Cyrenenmergeln in großer Menge auftreten. Hier finden sich auch diejenigen Arten, welche wir früher als besonders bezeichnend für die aquitanischen oder oberoligocänen Braunkohlenbildungen der subalpinen Region kennen gelernt haben, nämlich Cerithium margaritaceum und Cyrene semistriata, und weisen auf eine noch fortdauernde nahe Beziehung des Mainzer Beckens mit der Molassenregion hin.

Wir haben bisher vorwiegend den marinen Gliedern des nordeuropäischen Oligocän unsre Aufmerksamkeit zugewendet; von Binnenablagerungen wurden schon die Braunkohlenablagerungen Norddeutschlands genannt, unter welchen im offenen Tieflande diejenigen von unteroligocänem Alter die größte Verbreitung und Ausdehnung besitzen, doch kommen solche auch in jüngern Horizonten vor, wie namentlich aus den Untersuchungen Credners über die Umgebung von Leipzig hervorgeht. Solche Binnenbildungen stellen ganz vorwiegend die Vertretung des Oligocän in den drei großen Buchten des norddeutschen Gebietes, in der niederrheinischen, der sächsisch-thüringischen und der niederschlesischen Bucht, dar. In der ersten derselben sind oberoligocäne Kohlen in der Umgebung des Siebengebirges nachgewiesen, und auch die Kohlen des Westerwaldes, des Vogelsberges und der Wetterau scheinen hierher zu gehören; im übrigen fällt es schwer, das genaue Alter der einzelnen Vorkommnisse festzustellen, wo die Verbindung mit fossilreichen Meeresablagerungen keinen Anhaltspunkt bietet.

Von den norddeutschen Vorkommnissen durch die Gebirgswälle des Erzgebirges und der Sudeten getrennt, treten analoge Braunkohlenbildungen in großer Ausdehnung im nördlichen Böhmen, in mehreren Becken in der Umgebung von Eger, Falkenau, Saaz, Bilin, Leitmeritz rc., auf, über deren Alter wir namentlich durch die Arbeiten von Stur genauere Kenntnis besitzen. Während eines bestimmten Zeitabschnittes fanden hier gewaltige Ausbrüche von basaltischen Gesteinen statt, welche mit manchen Braunkohlenbildungen in innigstem Zusammenhange stehen. Es ergibt sich, daß sich drei Stufen unterscheiden lassen, von denen die erste älter ist als die Basalteruptionen, die zweite gleichzeitig mit diesen, während die dritte jüngern Alters ist. Genauer Vergleich mit den norddeutschen Vorkommnissen zeigte, daß die vorbasaltische Braunkohle dem Mitteloligocän zufällt; die basaltische Stufe entspricht dem Oberoligocän, was auch durch das Vorkommen des häufigsten Säugetieres der aquitanischen Stufe, des Anthracotherium, bestätigt wird; die nachbasaltische Braunkohle endlich gehört nicht mehr dem Oligocän an, sondern, gemäß dem Auftreten bezeichnender Säugetierformen, von Mastodon angustidens und Hyotherium Soemmeringi, dem Miocän, dessen ältere Abteilung sie zu vertreten scheint. Meeresbildungen des Oligocän haben sich in Böhmen nicht abgelagert; das Meer dringt, wie zu erwarten war, in diesen bergumschlossenen Kessel an keiner Stelle ein.

Weiterhin im Osten sind einzelne Vorkommnisse oligocäner Meeresablagerungen im südlichen Rußland und bis an den Aralsee bekannt, doch scheinen sie keine sehr große Ausdehnung zu besitzen und kein größeres Areal einzunehmen als die eocänen Bildungen; ein weites Übergreifen des Oligocän scheint hier nicht stattzuhaben, wohl aber ist das in Sibirien an mehreren Punkten der Fall.

Wenn wir einen Blick auf die Verbreitung des marinen Oligocän werfen, so finden wir eigentümliche Verhältnisse, welche bedeutende Unterschiede gegen sonstige mehrfach beobachtete Vorkommnisse darstellen, mit denen man dieselben zu vergleichen geneigt sein möchte. Wir haben gesehen, daß in Norddeutschland, Belgien, Frankreich und Sibirien ein starkes Umsichgreifen des Meeres stattfindet, dessen Höhepunkt die mitteloligocänen Meeressande und Septarienthone bezeichnen. Wenn wir aber diese Transgression mit andern vergleichen, die wir im Laufe der Erdgeschichte kennen gelernt haben, z. B. mit derjenigen des obern Jura oder der obern Kreide, so bemerken wir sehr beträchtliche Abweichungen. In diesen letztern Fällen sehen wir Erscheinungen vor uns, die sich über ungeheure Strecken verfolgen lassen und sich in mehreren Erdteilen annähernd gleichzeitig geltend machen. Ganz anders verhält es sich aber mit der oligocänen Transgression: schon in England tritt um dieselbe Zeit ein Rückgang des Meeres ein, und auch im nördlichen Afrika scheint der oligocäne Ozean weit geringere Räume bedeckt zu haben als der eocäne, während in Südeuropa zum mindesten

kein Umsichgreifen im Oligocän nachgewiesen werden kann. Auch aus andern Gegenden läßt sich keine sichere Spur einer oligocänen Transgression anführen, und so scheint dieselbe zwar ein sehr intensiv auftretendes, aber nicht über sehr große Räume sich erstreckendes Ereignis darzustellen.

Das ältere Tertiär außerhalb Europas.

Wir haben schon gelegentlich einige Beispiele von außereuropäischen Eocän- und Oligocänbildungen angeführt, welche mit denjenigen Europas in unmittelbarem räumlichen Zusammenhange stehen oder in ihrer Entwickelung sich derjenigen in unserm Erdteile enger anschließen. So haben wir namentlich die Zone von Nummulitenkalken kennen gelernt, die von der atlantischen Ostküste sich durch Nordafrika und einen breiten Strich Asiens, nach Vorderindien, nach den Sundainseln und bis zu den Philippinen, erstreckt.

Weit im Südosten hat der südliche Teil des australischen Kontinentes Eocänablagerungen mit einer Molluskenfauna geliefert, welche in vieler Beziehung mit derjenigen des Londoner Beckens verglichen wird und in sehr seltsamer Weise dadurch ausgezeichnet ist, daß bei einer größern Zahl von Schnecken aus sehr verschiedenen Gattungen die Embryonalwindungen, der zuerst von dem noch ganz jungen Tiere gebaute Teil des Gehäuses, blasenförmig aufgetrieben sind. Es ist das einer der merkwürdigen Fälle, in welchen ein bedeutender Anteil einer Fauna mit einem von engern Verwandtschaftsbeziehungen unabhängigen Lokalcharakter ausgestattet ist, der in keiner Weise auf gemeinsame Abstammung, wohl aber mit vieler Wahrscheinlichkeit auf die unmittelbare Einwirkung äußerer Lebensverhältnisse zurückgeführt werden kann. Aus Südamerika werden ältere Tertiärbildungen vielfach citiert; von der pazifischen Küste hat Philippi eine bedeutende Zahl von Konchylien beschrieben, und ein Teil derselben dürfte eocänen oder wahrscheinlicher oligocänen Alters sein. Größere Ausdehnung erreichen eng miteinander verbundene tertiäre und diluviale Ablagerungen in den weit ausgedehnten Ebenen, welche im südlichen Teile des Kontinentes sich von der atlantischen Küste bis tief ins Innere der Argentinischen Republik und Patagoniens ziehen. Diese Ablagerungen sind großenteils Binnenbildungen, welche in manchen Gegenden einen außerordentlichen Reichtum an Säugetieren zeigen, doch treten stellenweise auch Absätze des Meeres mit ihnen in Verbindung. Die tiefsten Schichten, die guaranitische Stufe, umfassen namentlich Thone und rote Sandsteine, welche sich auch nach Brasilien fortzusetzen scheinen. Fossilien sind in dieser Abteilung, welche ungefähr dem Eocän entsprechen mag, wie es scheint, sehr selten. Man hat nur ein Säugetier, Mesotherium, gefunden, das noch nicht näher beschrieben worden ist; die Zähne desselben sollen zwischen denjenigen eines Nagetieres und eines Elefanten die Mitte halten, was allerdings nach unsrer Kenntnis der Entwickelung der Säugetiere etwas befremdend klingt.

Ein höheres Niveau nimmt die sogenannte patagonische Formation ein. An manchen Punkten enthält dieselbe zahlreiche Meereskonchylien, von denen bisher keine einzige Art außerhalb Südamerikas gefunden worden ist, und von denen keine mehr jetzt noch lebt. Auffallend ist, daß einige Arten übereinstimmend auch im chilenischen Tertiär vorkommen, während heute die Konchylienfaunen an der chilenischen und argentinischen Küste fast vollständig verschieden sind; besonders merkwürdig aber ist eine Schneckengattung (Struthiolaria), welche heute nur noch in den neuseeländischen Gewässern auftritt. Die verwandten Binnenablagerungen der „mesopotamischen Stufe“ enthalten Säugetiere, welche meist Vorläufer der jungtertiären oder jetzt lebenden Bevölkerung Südamerikas darstellen, außerdem erscheinen aber auch einzelne Formen, welche mit den bekanntesten Typen des europäischen Unteroligocän (Palaeotherium, Anoplotherium) nahe verwandt sind, dagegen keine

hervortretende Analogie mit der nordamerikanischen Fauna zu zeigen scheinen. Im Thale des Amazonenstromes, am reichlichsten bei Pebas, ist eine sehr eigentümliche Fauna von Süßwasserkonchylien gefunden worden, die sich mit keinem bekannten Vorkommen vergleichen läßt, und die O. Böttger als oligocän zu betrachten geneigt ist.

Große Verbreitung haben marine Schichten des untern Tertiär in Westindien, wo sie auf mehreren Inseln gefunden worden sind. Besonderes Interesse gewinnen diese Versteinerungen für uns dadurch, daß sie eine reiche Korallenfauna enthalten, welche mit derjenigen des vicentinischen Oligocän von Castel Gomberto und Crosara auffallende Übereinstimmung zeigt. Diese Erscheinung ist von sehr großer Wichtigkeit, weil die einzelnen Arten der Riffkorallen sich nicht über das offene Atlantische Meer verbreiten konnten. Es muß also damals eine zusammenhängende Festlandsverbindung oder eine Anzahl von Inseln sich quer über den Atlantischen Ozean erstreckt haben, an deren Rändern die Fortpflanzung der Korallenarten stattfinden konnte. Wir können jedoch noch weiter gehen und sogar einige Anhaltspunkte über die Lage dieser Wanderstraße gewinnen: seit Ende der Jurazeit hat Nord- und Mitteleuropa keine nennenswerten Vorkommnisse von Riffkorallen mehr, die Nordgrenze ihrer Verbreitung, wie sie oben geschildert wurde, fällt annähernd mit der Nordgrenze der alpinen Region zusammen. Demnach könnte eine im Norden des Atlantischen Ozeanes, von Nordfrankreich oder England aus, sich ausdehnende Landmasse oder Inselkette von keinerlei Einfluß sein; die Verbindung muß also, da Südeuropa und das nördlichste Afrika damals vom Meere bedeckt waren, vom tropischen Afrika aus gegen Westen stattgefunden haben.

Das nordamerikanische Festland zeigt in sehr großer Ausdehnung Ablagerungen des untern Tertiär. Marine Bildungen treten sowohl an der pazifischen als an der atlantischen Küste auf, während in den weiten zentralen Gebieten große Binnenseen jene Sedimente zurückgelassen haben, in welchen sich die ungeheuern Mengen von Säugetierresten finden. An der atlantischen Küste umgeben die marinen Bildungen in einer breiten Zone den Golf von Mexiko im Westen und Norden, setzen im Osten desselben einen großen Teil der Halbinsel von Florida zusammen und ziehen sich von da gegen Norden bis nach Virginien; außerdem erstrecken sie sich im Becken des Mississippi weit nach Norden, ungefähr bis zur Einmündung des Ohio. Wir können hier nicht auf die Einzelheiten der Gliederung und auf die Parallelen mit europäischen Vorkommnissen eingehen, zumal die amerikanischen Geologen selbst in dieser Richtung noch mehrfach geteilter Ansicht sind; eine Reihe von Arten stimmt mit solchen des Pariser Beckens überein oder steht solchen überaus nahe, und es zeigen sich überhaupt vorwiegend Beziehungen zu der nordeuropäischen Entwickelung.

An der pazifischen Küste von Nordamerika ist namentlich in dem Küstengebirge, der sogenannten Coast Range, die Tejongruppe als Vertreterin des Eocän zu nennen, eine Ablagerung, welche nach Gabb, Heilprin und Marcou in ihren sehr zahlreichen Schnecken und Muscheln durchaus den Charakter des ältern Tertiär zeigt, daneben aber noch vereinzelte Ammonitenreste enthält.

Im Innern der Vereinigten Staaten treten die oligocänen und eocänen Binnenablagerungen mit Säugetierresten in außerordentlicher Verbreitung in verschiedenen Staaten und Territorien auf, doch liegt die Hauptmasse ihrer Entwickelung, namentlich für die ältern Horizonte, in dem Raume zwischen den Rocky Mountains und dem Wahsatchgebirge; die tertiären Süßwasserablagerungen bilden der Hauptsache nach ein weites, dürres Tafelland, nur durch einzelne Hügelzüge und die Steilabfälle einzelner Terrassen des Tertiär unterbrochen; das Ganze ist eine Wüste von vorwiegend gelblichgrauer Farbe mit grünen und aschgrauen Partien; innerhalb dieses Gebietes sind namentlich die eigentlichen Mauvaises Terres oder Bad Lands bemerkenswert, welche vorwiegend von den steilen,

60—200 m hohen Abstürzen der tertiären Tafeln gebildet werden und durch erodierende Agenzien zu phantastischen architektonischen Formen ausgenagt sind. Die zarten eocänen Mergel und Sande sind zu zahllosen Türmen und Türmchen, zu burgähnlichen Massen und Obelisken ausgearbeitet, so daß sie aus einiger Entfernung wie große, befestigte Städte mit zinnengekrönten Mauern, mit Basteien und vorgeschobenen Forts aussehen. Die ganze Gegend ist fast ohne alle Vegetation, und nur wenige kümmerliche Wüstenkräuter wachsen in großen Zwischenräumen. Vgl. die beigeheftete Tafel „Eocänablagerungen in Wyoming (Nordamerika)".

Es ist übrigens nicht ein und derselbe See von annähernd gleichbleibendem Umfange, aus welchem sich nach und nach alle diese tertiären Süßwasserablagerungen niederschlugen. Nach dem Ende der Kreidezeit und nach Bildung der Laramieschichten, welche auf der Grenze zwischen Kreide und Tertiär liegen, entstand zunächst in dem Raume zwischen Rocky Mountains und Wahsatch ein großer See, in welchem sich die Schichten der dem untern Eocän angehörigen Puerco- und Wahsatchgruppe in einer Mächtigkeit von nicht weniger als 5000 Fuß absetzten; sie umschließen die Reste von Coryphodon, Phenacodus und einer Reihe andrer Säugetiere, die oben erwähnt wurden. Dann scheint eine Einengung dieses Sees stattgefunden zu haben, und auf einem kleinern Areale lagerten sich die sogenanten Green River-Schichten in einer Mächtigkeit von etwa 2000 Fuß ab, welche bis jetzt noch keine Säugetiere, wohl aber zahlreiche Reste von Fischen geliefert haben. Eine weitere Zusammenziehung ließ nun diesen See, wie es scheint, in zwei gesonderte Becken zerfallen, und in diesen entstanden die 2500 Fuß mächtigen Schichten der Bridgergruppe, welche die Reste der oben erwähnten riesigen Dinoceraten, der Tillodonten und eine Reihe andrer merkwürdiger Formen umschließen. Noch später lagerte sich dann die etwa 500 Fuß mächtige Uintagruppe in einem letzten Reste des ursprünglichen Wahsatchsees in der nordöstlichen Ecke von Utah am Südfuße der Uintaberge ab.

Wir haben also hier während eines Zeitraumes, welcher das Eocän und einen Teil des Oligocän umfaßt, einen Binnensee, der von anfangs gewaltiger Größe zu immer kleinerm Umfange zusammenschrumpft, und in welchem sich Süßwasserschichten in der ungeheuern Mächtigkeit von etwa 10,000 Fuß absetzen. Ungefähr um dieselbe Zeit, um welche die letzten Reste dieses Sees verschwanden, entstehen in andern benachbarten Gegenden neue Binnenbecken; östlich von den Rocky Mountains sehen wir einige große Seen, die wahrscheinlich miteinander in Verbindung standen, in dem Raume zwischen dem Missouri und den östlichen Teilen von Wyoming und Colorado sich bilden, und ähnliche Wasseransammlungen treten weit im Westen, in Oregon und im nordwestlichen Nevada, auf, und die Ablagerungen, welche sich in diesen absetzten, werden als die White River-Schichten bezeichnet. Endlich findet eine abermalige Umgestaltung der Oberfläche statt, neue Seen bilden sich, und in diesen werden die Loup Fork-Schichten abgesetzt, welche übrigens schon weit ins jüngere Tertiär hineinreichen. Fassen wir demnach die Reihenfolge dieser Süßwasserbildungen im Zentrum und im Westen der Vereinigten Staaten zusammen, so erhalten wir folgende Reihenfolge von Ablagerungen, von denen jede (mit Ausnahme der Green River-Schichten) durch eine selbständige Säugetierfauna ausgezeichnet ist:

7) Loup Fork-Gruppe.
6) White River-Gruppe.
5) Uintagruppe.
4) Bridgergruppe.
3) Green River-Gruppe.
2) Wahsatchgruppe.
1) Puercogruppe.

EOCÄNABLAGERUNGEN IN WYOMING (Nordamerika)

Digitized by Google

Die alttertiären Säugetierfaunen und Floren.

Bei der Gliederung der ältern Tertiärbildungen Europas ist, wie gewöhnlich, in erster Linie die Marinfauna leitend, in zweiter Linie die Verhältnisse der Ausbreitung des Meeres, dagegen hat auf die Abgrenzung der einzelnen Hauptabteilungen die Säugetierfauna weit geringern Einfluß geübt. Es ist das durchaus gerechtfertigt, da es von vornherein unwahrscheinlich ist, daß die größten Veränderungen des Wassers und des festen Landes gleichzeitig vor sich gehen, zumal da die einschneidendsten Verschiedenheiten der Landfauna innerhalb eines beschränkten Gebietes meist nicht einer allmählichen Umgestaltung der autochthonen Formen, sondern dem Erscheinen neuer Einwanderer zuzukommen scheinen.

Natürlich ist es darum nicht weniger wichtig, auch die Aufeinanderfolge der Säugetierfaunen genau festzustellen; ja, es gewinnt dies ein vermehrtes Interesse, da wir nun den Vergleich anstellen können, wie die beiden verschiedenen Entwickelungen nebeneinander herlaufen. Allerdings steht einem solchen Versuche eine namhafte Schwierigkeit in der Natur einiger der reichsten Säugetierfundorte Europas entgegen. In weiten Gegenden unsers Erdteiles fehlte es in der ältern Tertiärzeit an Süßwasserseen, in welchen Sediment zur Ablagerung kam und eingeschwemmte Leiber von Landtieren umhüllen und erhalten konnte. In diesen Gebieten wäre ohne Zweifel die damalige Fauna verschwunden, ohne Überreste zu hinterlassen, wenn nicht stellenweise eine eigentümliche Beschaffenheit der Terrainoberfläche dies ermöglicht hätte. Wir haben früher gesehen, daß die festen Kalke des obern Jura in Süddeutschland, der Schweiz und Südfrankreich weite Räume bedecken, und ähnlich scheint es hier auch schon in der ältern Tertiärzeit ausgesehen zu haben. Diese Kalke sind nun vielfach von Klüften und Spalten durchsetzt, in welche von obenher eine Menge fester Körper eingeschwemmt wird; häufig genug werden jetzt mit andern Dingen auch Teile von Tieren hineingewaschen, und ebenso geschah es auch in der Vorzeit. In manchen solcher Spalten finden wir eingeschwemmte Terra rossa, die rote Erde, die aus der Verwitterung der Kalke als letzter Rückstand zurückbleibt, ferner das aus dieser ausgelaugte Eisen in Form von **Bohnerz**, dazu Trümmer des Jurakalkes und endlich oft in außerordentlicher Menge Zähne und Knochenfragmente von Säugetieren. In früherer Zeit wurden die Bohnerze dieser Klüfte an mehreren Fundstellen bergmännisch ausgebeutet und verhüttet, und dabei kamen z. B. bei **Frohnstetten** auf der Schwäbischen Alb die Reste von **Paläotherien** und andern Formen zu Tausenden vor, wobei allerdings in der Regel nur kleinere Knochen gut erhalten, die größern aber zertrümmert sind. Mehrere Punkte haben in ähnlicher Weise eine reiche Fauna geliefert, nur ist bei der Art, in welcher diese Ablagerungen gebildet sind, niemals Sicherheit geboten, daß alle die Tiere, deren Trümmer man findet, gleichzeitig gelebt haben, und wenn auch die Mehrzahl derselben der gleich zu besprechenden Paläotherienfauna angehört, so treten doch auch andre Elemente auf. Für die Altersbestimmung der Formen sind daher diese Fundstellen nahezu unbrauchbar, und dasselbe gilt auch von einer überaus reichen Säugetierlokalität, die in neuerer Zeit stark ausgebeutet worden ist, von den **Phosphoriten von Quercy** im südlichen **Frankreich**.

Eine zweite wichtige Schwierigkeit besteht in dem Einflusse der äußern Lebensverhältnisse; eine Steppe beherbergt andre Formen als ein Waldland oder als eine sumpfige Niederung, und es ist daher oft sehr schwer zu entscheiden, welche Unterschiede auf Rechnung von Altersverschiedenheit, welche auf Rechnung derartiger Einflüsse zu setzen sind. Die Folge davon ist, daß es in der Regel nicht gelingt, eine so reiche und bis ins einzelnste gehende Gliederung der aufeinander folgenden Säugetierbevölkerungen durchzuführen, wie das bei den marinen Tieren möglich ist; wir können vorläufig nur die allergröbsten

Grundzüge feststellen, die vielleicht in späterer Zeit bei vorgeschrittenerer Kenntnis weiter ausgeführt werden mögen.

Wir können in Europa im ältern Tertiär fünf aufeinander folgende Säugetierfaunen unterscheiden, von denen allerdings die beiden ersten nur von wenigen ziemlich armen Fundorten und daher sehr unvollständig bekannt sind. Die erste Gruppe wird durch die dürftigen Reste gebildet, welche in den alteocänen Sanden von Bracheux und in den Konglomeraten von Cerney bei Reims gesammelt worden sind, unter denen namentlich die Kreodontengattung Arctocyon von Wichtigkeit ist. Dazu gesellen sich mehrere den Lemuren verwandte Formen, wie Pleuraspidotherium, Plesiadapis, sowie Neoplagiaulax, das einzige Beuteltier des europäischen Tertiär, das Verwandtschaft zu lebenden australischen Typen zeigt; wir bezeichnen diese älteste Säugetierfauna des untersten Eocän als die Arctocyonfauna; in Neoplagiaulax haben wir eine Gattung, welche auch aus dem untersten Eocän Nordamerikas, aus der Puercogruppe, bekannt ist, und auch die Reptilien von Cerney sind mit den Formen nahe verwandt, welche in Amerika auf der Grenze zwischen Kreide und Tertiär auftreten.

Eine zweite ebenfalls noch ziemlich wenig gekannte Säugetierfauna, die Coryphodonfauna, tritt in höhern Lagen des untern Eocän auf, sie hat ihre Hauptlagerstätte in den plastischen Thonen und Ligniten des Pariser Beckens, in dem Londonthone, und auch an einzelnen Punkten in der Schweiz (Mauremont) ist ihr Vorkommen nachgewiesen. Die wichtigsten Formen, welche hier auftreten, sind das oben ausführlich geschilderte Coryphodon, ferner Hyracotherium, Pliolophus, lauter Gattungen, die auch in Nordamerika vorkommen; ja, nach Cope sollen noch einige weitere Formen, die bisher nur aus Amerika bekannt waren, wie Phenacodus, Pantolestes, Miacis 2c., ebenfalls hier vertreten sein.

Eine dritte Phase, deren Typen wir nach der bezeichnendsten Gattung die Lophiodonfauna nennen, findet sich im mittlern und obern Eocän; außer dem tapirähnlichen Lophiodon erscheint die in dieselbe Abteilung gehörige Gattung Propalaeotherium, ferner Pachynolophus, die Paarhufer sind durch die oben geschilderten Hypotamen vertreten, und zu ihnen gesellen sich einige Raubtiere aus der Abteilung der Kreodonten, wie Proviverra, Pterodon 2c. Diese Formen herrschen im mittlern Eocän vor, zu ihnen gesellen sich aber im obern Eocän schon mehrere Gattungen, welche erst in höhern Schichten ihre Hauptverbreitung finden, wie Dichobune, Palaeotherium und andre, so daß man zweifelhaft sein kann, ob man diese Ablagerung noch zu dieser oder zu der folgenden Säugetierstufe rechnen soll. Wir haben es eben mit einer Zwischenbildung zu thun, in welcher die alte und die neue Fauna sich mischen und die letztere noch nicht entschieden die Oberhand erlangt hat.

Die neue Tiergesellschaft, in welcher Palaeotherium die erste Rolle spielt, kommt erst mit dem untern Oligocän endgültig zur Herrschaft. In den Gipslagern des Montmartre, in den Bohnerzen von Frohnstetten und andern Punkten, den Phosphoriten von Quercy, den Braunkohlen von Débruge in Frankreich liegen die massenhaften Reste dieser reichhaltigsten unter allen alttertiären Säugetierfaunen Europas begraben. Vor allem sind es die tapirähnlichen Formen, die Paläotherien und ihre Verwandten, welche in ungeheuern Scharen damals unsern Erdteil bevölkerten und der Fauna das ausgezeichnetste Gepräge verleihen; zu ihnen gesellen sich die eigentümlichen wiederkäuerähnlichen Formen, wie Anoplotherium, Xiphodon, Dichobune, welche mit den Unpaarhufern fast um den Vorrang zu wetteifern im stande sind. Eine große Rolle spielt eine Anzahl von Raubtieren, ferner erscheinen Beutelratten, Fledermäuse und eine Reihe andrer Formen, und die Fauna würde sich noch weit reicher gestalten, wenn wir für die Tiere der Bohnerzlagerstätten und der Phosphorite mit Sicherheit bestimmen könnten, welchem Horizonte jede einzelne Art entspricht.

Ins Mitteloligocän setzen sich manche der unteroligocänen Typen fort und begegnen hier den ersten Vertretern einer neuen Bevölkerung, den ersten Wiederkäuern, ferner Arten der Gattung Anthracotherium 2c. Diese letztere Gattung samt einigen Hyopotamen, Wiederkäuern und Rhinozerossen bildet dann das häufigste Element im obern Oligocän, der Heimstätte der sogenannten Anthrakotherienfauna. Im allgemeinen scheint aber in den jüngern Oligocänschichten das Säugetierleben in Europa ein ziemlich armes gewesen zu sein, und die Ursache dieser Erscheinung läßt sich auch leicht verstehen; mit dem starken Umsichgreifen des Meeres, das im mittlern Oligocän in unsern Gegenden stattfand, wurde das Festland eingeengt, auf die kontinentale folgte eine insulare Entwickelung, und mit der Einschränkung des Areales tritt stets allmählich eine Verarmung der Fauna ein. Das häufige Vorkommen von Braunkohlenlagern im obern Oligocän zeigt, daß auch auf den vorhandenen Inseln vielfach sumpfiges Moorterrain und Süßwasserseen vorhanden waren, und dem entspricht auch der Charakter der Fauna vollständig, denn die großen Hyopotamen und Anthrakotherien glichen offenbar wie an Statur und Organisation, so auch in der so vielfach damit zusammenhängenden Lebensweise den jetzt lebenden Flußpferden in hohem Grade.

Mit dem Miocän erscheint dann eine in vieler Beziehung neu geartete Fauna in Europa, deren Mitglieder großenteils nicht auf die in unsern ältern Tertiärablagerungen herrschenden Typen zurückgeführt werden können; zwar darf Gelocus als ein Vorläufer der echten Wiederkäuer betrachtet werden, aber Gelocus selbst tritt im Oligocän ziemlich unvermittelt in Europa auf, er scheint ein Einwanderer zu sein. Die Hauptfauna des europäischen Oligocän, z. B. im Pariser Gipse und den verwandten Bildungen, ist größtenteils ohne unmittelbare Nachkommenschaft verschwunden; höchstens der Pferdestamm geht auf diesen Ursprung zurück, und Dichobune scheint mit den Wiederkäuern in naher Beziehung zu stehen, doch fehlen in Europa die Zwischenformen zwischen beiden. Sonst sind es fast lauter unfruchtbare Schößlinge, die uns in der Paläotherienfauna entgegentreten, sie verdorren, ohne Wurzel schlagen zu können. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist die starke Einengung des Landes zur Zeit der großen oligocänen Transgression und die dadurch hervorgebrachte Veränderung der Lebensbedingungen Ursache dieser Erscheinung. Jedenfalls aber stellt uns die nun folgende Miocänfauna der Hauptsache nach eine Einwanderung dar, von der wir nicht mit voller Sicherheit sagen können, woher sie kam. An dieser Stelle, an der Scheide zwischen unterm und oberm Tertiär, zwischen Oligocän und Miocän, fällt jedenfalls die Grenze, wie sie nach der Verbreitung der Meerestiere gezogen wurde, mit einem großen Abschnitte in der Entwickelung der Säugetierwelt zusammen.

Im allgemeinen können wir die Ergebnisse eines Vergleiches zwischen der Gliederung der marinen Schichten und der Reihenfolge der Säugetierfaunen folgendermaßen darstellen:

Oberoligocän .	Anthrakotherienfauna	Mitteleocän . . .	Lophiodonfauna
Mitteloligocän	Übergangsfauna	Oberes Untereocän .	Coryphodonfauna
Unteroligocän .	Paläotherienfauna	Unteres Untereocän .	Arctocyonfauna.
Obereocän . .	Übergangsfauna		

Wir müssen versuchen, diese Reihenfolge europäischer Säugetierfaunen mit der Serie zu vergleichen, wie sie uns in Amerika entgegentritt, eine Aufgabe, die allerdings bedeutende Schwierigkeiten bietet. Zunächst liegt eine solche darin, daß die Reihenfolge der einzelnen Stufen im Westen Nordamerikas, wie wir sie oben kennen gelernt haben, teilweise nicht auf unmittelbarer Beobachtung der Lagerungsverhältnisse beruht. Mehrfach handelt es sich um räumlich getrennte Ablagerungen, deren Alter nur nach dem Charakter der Fauna bestimmt ist; das hierbei gewonnene Ergebnis ist wohl gewiß in den allgemeinsten Umrissen richtig, aber im einzelnen vielfach unsicher. So ist z. B. die White River-Gruppe

in andern Seen abgelagert als die Uintagruppe, und wenn auch die letztere im ganzen genommen älter ist als die erstere, so beweist doch nichts, daß die ältesten Schichten in den White River-Seen nicht noch gleichzeitig mit der letzten Phase der Sedimentbildung in den Uintaseen entstanden seien. Ähnlich verhält sich die Loup Fork- zur White River-Gruppe, und so liegt denn in manchen Fällen die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit vor, daß gewisse mehr geographisch als geologisch abgegrenzte Gruppen Faunen verschiedenen Alters in sich vereinigen und teilweise mit andern Gruppen gleichzeitig seien. Ein andres Hindernis liegt darin, daß die Bearbeitung der amerikanischen Vorkommnisse noch nicht abgeschlossen ist und daher ein vollständiger Überblick noch nicht gewonnen werden kann. Überdies sind die Namen, welche die einzelnen amerikanischen Forscher sowohl für die verschiedenen Schichten als für die Tiergattungen gebrauchen, so verschieden, daß man ihre Angaben nur schwer untereinander in Einklang bringen kann. Wir werden daher einen Vergleich nur in den gröbsten Hauptzügen durchführen können, allein schon eine solche Betrachtung bietet Ergebnisse von vielem Interesse.

Die älteste Abteilung des amerikanischen Eocän bildet die in Neumexiko auftretende Puercogruppe, deren Säugetierfauna durchgehends aus kleinen, nur ausnahmsweise aus mittelgroßen Arten besteht und sich in ihrem Charakter von fast allem entfernt, was wir in Europa kennen. Nur die Fauna des untern Untereocän, die Arctocyonfauna von Cerney, bietet in Neoplagiaulax eine übereinstimmende Form, und in dieser Abteilung zeigen auch einzelne Reptilien Anklänge an die Puercofauna. Im übrigen ist diese durchaus eigenartig und erhält ihren Hauptcharakter durch die Menge der sehr primitiven, mit Höckerzähnen ausgestatteten Huftiergruppe der Condylarthra, und die Bekanntschaft mit diesen sehr ursprünglichen und wenig differenzierten Formen, welche wir Cope verdanken, ist von großer Wichtigkeit für das ganze Verständnis der Säugetiere. Im allgemeinen kann man die Puercofauna der europäischen Arctocyonfauna annähernd gleichstellen.

Erst in der zweiten Abteilung des amerikanischen Eocän, in der Wahsatchgruppe, finden wir deutlichere Anklänge an die europäische Entwickelung. Die fremdartigen Typen der Puercoschichten sind großenteils verschwunden, und wir finden eine Anzahl von Gattungen, welche auch im untern Eocän von England und Frankreich vorkommen; so sind Coryphodon, Hyracotherium, ein sehr altes Glied der Pferdereihe, ferner Pliolophus hier den beiden Kontinenten gemein, und Cope führt, wie oben erwähnt, noch einige andre übereinstimmende Formen an. Man kann danach die Wahsatchfauna Nordamerikas mit der untereocänen Coryphodonfauna Europas unbedenklich in Parallele stellen und aus den gemeinsamen Gattungen auf das Vorhandensein einer Landverbindung zwischen den Festländern der Alten und der Neuen Welt schließen.

Die nächst jüngere Green River-Gruppe im Binnengebiete von Nordamerika hat keine Säugetiere geliefert, erst in der nun folgenden Bridgergruppe finden sich solche wieder, allein das Verhalten derselben zu den europäischen Vorkommnissen ist ein wesentlich andres geworden. Waren im untern Eocän die häufigsten und hervortretendsten Gattungen auf beiden Kontinenten die nämlichen, so sind gerade die wichtigsten Formen der Bridgergruppe auf Amerika beschränkt, so die riesigen Dinoceraten, die seltsamen Tillotherien ꝛc. Allerdings fehlt es daneben nicht an Analogien mit Europa; die Gattungen Hyracotherium und Pliolophus setzen sich aus ältern Bildungen bis hierher fort und sterben nun aus; die amerikanische Gattung Hyrachius kann als Stellvertreter unsrer Lophiodonten gelten, Halbaffen, welche unserm Necrolemur sehr nahe stehen, treten auf, und die Gattung Adapis des europäischen Unteroligocän scheint hier ohne wesentlichen Unterschied wiederzukehren. Im ganzen wird man die Bridgerfauna als ein ungefähres Äquivalent der europäischen Lophiodonfauna betrachten können; sie gehört dem mittlern, vielleicht auch noch dem obern Eocän

an, jedenfalls aber zeigen sich die verwandtschaftlichen Beziehungen zu Europa sehr stark abgeschwächt.

Die vollständigste Verschiedenheit von allen europäischen Vorkommnissen finden wir in der obersten Abteilung, welche sich im Wahsatchsee abgelagert hat, in der Uintagruppe. Die Gattungen, welche von hier genannt worden sind, Diplacodon, Amynodon, Hyopsodus 2c., sind in unsern Gegenden absolut unbekannt, wir haben hier eine Fauna, die sich nicht nach Europa verbreitet hat. Suchen wir trotzdem nach Vertretern, so finden wir in unsern Gegenden über der Lophiodonfauna die wohlbekannte Säugetiergesellschaft des Pariser Gipses, der Ablagerungen von Frohnstetten, Débruges 2c., deren charakteristische Typen, Palaeotherium, Anoplotherium, Xiphodon, Dichobune 2c., Nordamerika ebenso fremd sind wie die Tiere der Uintagruppe unsern Regionen. Wir können daraus mit ziemlicher Sicherheit schließen, daß beide einander ersetzen, und daß zur Zeit des untern und mittlern Oligocän die Landverbindung unterbrochen war, welche beide Kontinente zur eocänen Zeit verband und Wanderungen, die Bedingung des Vorkommens gemeinsamer Gattungen, gestattete.

Mit der White River-Gruppe stellen sich wieder zahlreiche Anklänge an Europa ein; das Auftreten von Elotherium und zahlreichen Hyopotamiden erinnert an die Fauna der höhern Oligocänschichten, und damit stimmt auch das Vorkommen von Hyaenodon und einigen andern altertümlichen Typen. Zu ihnen gesellen sich verschiedene spezifisch amerikanische Gattungen, unter denen das riesige Brontotherium und das oben besprochene Oreodon die größte Bedeutung besitzen; daneben aber erscheinen hier auch Formen, welche jugendlichern Charakter an sich tragen und in unsern Regionen in hohem Grade charakteristisch für die miocäne Fauna sind, wie Mastodon, Anchitherium, Aceratherium, Amphicyon. Es muß dahingestellt bleiben, ob alle diese Formen in Amerika wirklich gleichzeitig lebten, oder ob man in den White River-Schichten etwa mit der Zeit verschiedene Horizonte wird unterscheiden können, von denen der eine vorwiegend oligocäne, der andre miocäne Formen enthält, worauf einzelne Anhaltspunkte hindeuten. Gewiß ist die Möglichkeit, daß die einzelnen aus Amerika angeführten Gruppen verschiedene Elemente enthalten, nicht ausgeschlossen, zumal da die Unterscheidung der einzelnen Abteilungen bis zu einem gewissen Grade nicht nach eigentlichen Alterscharakteren, speziell nach der Überlagerung, sondern nach der Zugehörigkeit zu einem oder dem andern Becken erfolgt. Man wird in dieser Richtung wohl neuere Beobachtungen abwarten müssen. Jedenfalls geht aus den bisherigen Forschungen so viel hervor, daß in den großen Hauptzügen die Reihenfolge der Säugetiertypen dieselbe ist, ferner, daß im untern Eocän und Oberoligocän und, wie wir später sehen werden, auch im jüngern Tertiär beide Kontinente eine ziemlich beträchtliche Zahl gemeinsamer Typen aufzuweisen haben, daß aber dazwischen im Unteroligocän ein Abschnitt vollständiger Verschiedenheit zwischen der Fauna von Europa und Amerika liegt, deren Beginn schon im mittlern Eocän zu beobachten ist.

Außer Europa und Nordamerika hat bisher nur Südamerika eine wichtige und bemerkenswerte alttertiäre Säugetierfauna geliefert; Brasilien, Ecuador, namentlich aber die argentinische und patagonische Tiefebene weisen große Mengen jungtertiärer und diluvialer Säugetiere auf, und namentlich die letztgenannten Gegenden können sich an Reichtum der Fossilien mit Nordamerika auf eine Stufe stellen. Spärlicher sind ältere Säugetiere, doch sind namentlich in letzterer Zeit Funde gemacht worden, die allerdings bis jetzt noch nicht durch Abbildungen bekannt geworden sind; indes schon die Beschreibungen, welche Ameghino vorläufig gegeben hat, lassen die außerordentliche wissenschaftliche Bedeutung dieser Vorkommnisse erkennen.

Die heutige Säugetierfauna Südamerikas ist bekanntlich eine sehr eigentümliche, sie erhält einen wesentlichen Teil ihres Gepräges durch die Menge der Edentaten, welche durch Faultiere, Gürteltiere und Ameisenfresser vertreten sind, und noch weit reicher ist diese Tiergruppe in den diluvialen Ablagerungen und im jüngern Tertiär entwickelt, wo derselben auch verschiedene Riesenformen, wie Megatherium, Mylodon, Glyptodon ꝛc., angehören, und dies zeigt, daß diese Formen schon seit alter Zeit auf diesem Kontinente heimisch sind. Die neuern Funde nun, welche in der sogenannten mesopotamischen Stufe gemacht worden sind, rücken die Zeit, seit welcher diese Typen Südamerika bewohnen, noch erheblich weiter zurück, vermutlich bis ins Oligocän, mit dessen europäischen Vertretern die Huftiere der mesopotamischen Stufe am meisten Ähnlichkeit haben. Die Edentaten dieser Ablagerungen sind allerdings nur in ziemlich dürftigen Resten, aber hinreichend vorhanden, um erkennen zu lassen, daß schon Tiere da waren, die mit den spätern Megatherien, Glyptodonten ꝛc. verwandt sind. Was jedoch diesen Vorkommnissen, abgesehen von dem Nachweise des hohen Alters der spezifisch südamerikanischen Formen in ihrer jetzigen Heimat, besondere Wichtigkeit verleiht, ist die Beschaffenheit der Zähne. Wie oben erwähnt wurde, sind alle Edentaten dadurch ausgezeichnet und von den übrigen Säugetieren verschieden, daß ihre Zähne nur aus Dentin bestehen und eines der wichtigsten Elemente, des Zahnschmelzes, entbehren, welcher infolge seiner außerordentlichen Härte und Widerstandskraft das Gebiß vor allem gegen die Abkauung schützt; bei zweien der oligocänen Gattungen, bei Promegatherium und Promylodon, ist jedoch ein dünner Schmelzüberzug vorhanden, und die Anwesenheit eines solchen bei den ältesten bekannten Edentaten beweist daher deren Abstammung von Tieren mit Schmelzzähnen.

Eine andre Gruppe von Formen aus den mesopotamischen Ablagerungen, welche großes Interesse bieten, bilden die Nagetiere. Auch sie schließen sich unmittelbar an noch jetzt lebende südamerikanische Typen an, namentlich an das Wasserschwein oder den Capibara (Hydrochoerus Capibara), den größten Nager der Gegenwart, welcher etwa 1 m lang wird. Im Oligocän aber erreichen diese Tiere riesige Dimensionen, und das größte unter ihnen, Megamys patagoniensis, wird von Ameghino als doppelt so groß wie ein Tapir geschildert. Es fällt das um so mehr auf, als schon der Capibara und der Biber heute wahre Riesen unter ihren Verwandten sind und die Nager im allgemeinen zu den ganz kleinen Tieren gehören.

Von sonstigen Formen, unter denen auch noch Vertreter der ausschließlich in Südamerika fossil vorkommenden Toxodonten zu nennen sind, müssen vor allen einige Huftiere hervorgehoben werden, welche wegen ihrer Verwandtschaft mit europäischen Typen von Wichtigkeit sind. Sehr unvollkommene Reste derselben sind schon seit längerer Zeit bekannt und waren direkt mit den ausschließlich europäischen Gattungen Palaeotherium und Anoplotherium vereinigt worden. Nach den bessern Exemplaren indes hat sie zwar Ameghino als Vertreter eigner Sippen (Scalabrinitherium und Brachytherium) beschrieben, aber immerhin stehen dieselben den europäischen Sippen sehr nahe und verleihen der oligocänen Säugetierfauna Südamerikas mehr Ähnlichkeit mit derjenigen Europas als mit der Nordamerikas eine Erscheinung, deren Bedeutung für die Beurteilung der Verbreitung von Land und Meer in jener Zeit wir noch später besprechen werden.

Die ältere Tertiärzeit hat an einer sehr großen Anzahl von Fundorten eine außerordentlich große Menge fossiler Pflanzen geliefert, auf deren allgemeine Charaktere wir noch rasch einen Blick werfen müssen; wir haben schon bei Besprechung des untern Eocän der Flora gedacht, welche in diesem Horizonte an einigen Punkten in Europa gefunden worden ist, und deren Charakter nicht dafür spricht, daß in jener Zeit ein sehr warmes Klima herrschte. Ähnliche Verhältnisse finden wir auch in Nordamerika. In den jüngern

Ablagerungen des Eocän und im untern Oligocän mehren sich dagegen bei uns solche Typen, welche heute in tropischen Regionen vorkommen, vor allen finden sich zahlreiche Palmen und Sagopalmen. Die nächsten Verwandten der damaligen Pflanzen kommen heute namentlich im tropischen Afrika, im südöstlichen Asien und in Australien vor, doch gesellen sich dazu auch Typen, welche jetzt auf den Kanarischen Inseln und im tropischen Amerika ihre nächsten Analoga finden. Während diese Formen wahrscheinlich in den Niederungen wuchsen, scheinen andre Gattungen, wie Ulmen, Pappeln, Weiden, Birken 2c., die höhern Gebirgsregionen bekleidet zu haben, in welchen die Temperatur eine weniger heiße war. Allerdings schließen sich die einzelnen Arten dieser Sippen nicht an die jetzt in unsern Gegenden lebenden Vertreter am nächsten an, sondern an solche, welche heute in etwas wärmern Regionen leben. Im ganzen betrachtet Saporta die Pflanzenwelt des europäischen Eocän als die Flora eines heißen, trocknen Landes mit wenig ergiebigen Regenzeiten. In Nordamerika dagegen findet sich im ganzen ältern Tertiär keine Flora von ausgesprochen tropischem Charakter.

Im mittlern und obern Oligocän scheint das Klima ein feuchteres, aber noch immer sehr warmes gewesen zu sein, und in der Flora nimmt die Zahl derjenigen Formen zu, deren Verwandte heute in den subtropischen Teilen von Nordamerika vorkommen. Auf ziemlich beträchtliche Unterschiede in den klimatischen Verhältnissen, welche zur Oligocänzeit in Europa herrschten, weist die Flora des Bernsteines und der die Bernsteinlager bedeckenden Braunkohlen hin, welcher die Palmen fehlen, und die dafür eine Anzahl von Formen kühlerer Klimate enthält. Jedenfalls aber, mag die Temperatur im mittlern und südlichen Europa auch nicht so hoch gewesen sein, wie man bisweilen annimmt, spricht doch der Charakter der Pflanzenwelt sehr entschieden dafür, daß das Oligocän in Europa keine Eiszeit gewesen sein kann, wie man bisweilen geglaubt hat.

Allgemeine Verhältnisse des Miocän.

Das jüngere Tertiär oder Neogen zerfällt in zwei Hauptabteilungen, von denen die untere als das Miocän, die obere als das Pliocän bezeichnet wird; beide haben in ihrer Verbreitung und in ihrer Tierwelt viele Züge miteinander gemein und erscheinen dadurch wenigstens für unsre europäischen Verhältnisse als nahe miteinander verwandt. Das Vorkommen der elefantenähnlichen Tiere, die Häufigkeit der Nashörner, das Auftreten gehörnter Wiederkäuer geben ihrer Säugetierfauna einen charakteristischen gemeinsamen Zug, während das Zurücktreten oder Verschwinden der Kreodonten, Hyopotamiden, der wiederkäuerähnlichen Formen mit vollständigem Gebisse, die Spärlichkeit der tapiroiden Tiere der oligocänen Tierwelt gegenüber Unterschiede begründen; auch bei den Meerestieren tritt die Verwandtschaft des Miocän zum Pliocän viel mehr hervor als die zum Oligocän.

In der Anordnung der Meere bildet den wichtigsten Zug für Europa die Entwickelung eines Binnenmeeres, welches diesen Kontinent von Afrika trennt, das aber gegen Osten geschlossen ist und keine Verbindung mehr mit dem Indischen Ozeane hat. Aus dem zentralen Mittelmeere, wie es in frühern Zeiten vorhanden war, ist durch den Abschluß gegen Osten ein mittelländisches Binnenmeer in unserm heutigen Sinne geworden, das zwar noch eine von der jetzigen sehr weit abweichende Form besitzt, aus welchem sich aber dieses durch mannigfache Änderungen herausgebildet hat. Allerdings können wir nicht mit Bestimmtheit behaupten, daß die Absperrung des Meeres gegen Osten gerade zu Beginn des Miocän stattgefunden habe; bei unsrer überaus geringen Kenntnis des ältern Tertiär in Vorderasien ist es noch nicht möglich, den Zeitpunkt genau festzustellen, in welchem dieses wichtige Ereignis

eintrat, nur das können wir behaupten, daß das untere Miocän der älteste Horizont ist, von dem wir bestimmt wissen, daß während seiner Ablagerung die alte Verbindung nach Osten nicht mehr existierte.

In der marinen Konchylienfauna macht sich im Miocän eine erheblich größere Annäherung an die heutige Schöpfung geltend, die Zahl der Arten, welche mit noch jetzt lebenden genau übereinstimmen, mehrt sich sehr bedeutend, die ganz fremdartigen Typen treten durchaus zurück. Allein nicht nur darin bekundet sich die engere Beziehung zu den spätern Zuständen, sondern diese gibt sich auch in der geographischen Gruppierung weit deutlicher kund als bei den ältern Tertiärbildungen. Wenn wir die einzelnen Typen einer eocänen oder oligocänen Schicht mit den jetzt lebenden Formen vergleichen und die Wohnstätten ihrer nächsten Verwandten in der Jetztzeit aufsuchen, so gelingt es in der Regel nicht, eine ganz entschiedene Analogie einer der alttertiären Lokalfaunen mit einer der jetzigen festzustellen, am wenigsten mit derjenigen, welche noch heute dasselbe Gebiet oder wenigstens einen Teil desselben innehat. Man wird etwa sagen können, daß die Konchylien des Grobkalkes tropisches Gepräge an sich haben, daß diejenigen des mitteloligocänen Meeressandes mehr an die Typen subtropischer Regionen erinnern; aber weiter im Vergleiche zu gehen, ist in der Regel nicht möglich, und wenn auch künftige Untersuchungen solche Beziehungen zu bestimmten Gebieten erkennen lassen sollten, so sind dieselben doch keineswegs deutlich ausgesprochen.

Ganz anders verhält es sich im Miocän; die Meeresfauna hat nun in Europa schon ganz ausgesprochen den Charakter der heutigen ostatlantischen Fauna, und speziell nähert sie sich der Bevölkerung des heutigen Mittelmeeres, eines in mancher Beziehung eigentümlichen und durch großen Artenreichtum ausgezeichneten Anhängsels des Atlantischen Ozeanes, und diese Ähnlichkeit, welche sich auch in den spätern Tertiärbildungen erhält, hat Veranlassung gegeben, die aufeinander folgenden jungtertiären Marinfaunen und namentlich diejenigen Südeuropas als die erste, zweite, dritte Mediterranfauna und so fort zu bezeichnen.

Allerdings bedarf dieser Ausdruck einiger Erläuterung; man könnte glauben, daß zu Beginn der Miocänzeit sich speziell in dem damaligen Mittelmeerbecken eine Fauna entwickelt habe, die dann diesem engen Gebiete bis auf den heutigen Tag mit verhältnismäßig geringen Änderungen eigen geblieben wäre. Eine solche Auffassung ist aber nicht richtig; die Fauna des Mittelmeeres wie der atlantischen Küstenregion Europas war damals annähernd dieselbe, beide haben seither sich umgestaltet, sind sich aber immer sehr ähnlich geblieben, nur haben sich in dem abgeschlossenen Binnenbecken manche Formen länger erhalten als an der benachbarten atlantischen Küste; sie ist anderseits spätern Einwanderungen weniger zugänglich gewesen, und so hat sie den Charakter der ältern Faunen in mancher Beziehung reiner und konservativer erhalten.

Übrigens machen sich unter den miocänen Meereskonchylien sowohl in dem Binnenbecken als an der atlantischen Küste Europas auch mannigfache Elemente geltend, welche heute aus diesen Regionen verschwunden sind, in andern, speziell in wärmern Gegenden aber noch fortleben. Am auffallendsten treten unter diesen im Mittelmeere nicht mehr vorhandenen Formen solche hervor, welche heute die tropischen Regionen des westatlantischen Ozeanes bewohnen und namentlich an der senegambischen Küste, an den Kapverdischen Inseln vorkommen. Die Zahl solcher Arten ist eine so bedeutende und ihr Charakter ein so auffallender, daß man eine Zeitlang zu deren Erklärung annehmen zu müssen glaubte, daß damals schräg durch die Sahara eine Meeresverbindung aus der Gegend von Tunis nach dem Senegal stattgefunden habe, welche eine Einwanderung von dort ermöglichte. Diese Voraussetzung eines Saharameeres, das auch zur Diluvialzeit existiert haben sollte, hat sich nicht als richtig erwiesen, wie wir später sehen werden, sie ist aber auch durchaus zur Erklärung des Vorkommens jener senegambischen Typen nicht nötig; diese waren nicht

nur im Mittelmeere vorhanden, sondern sie reichten auch an der atlantischen Küste viel weiter nach Norden als heute und gelangten von hier, von Westen her, in das mediterrane Gebiet. Auch einige westindische Typen finden sich in der Miocänfauna, während die Beziehungen zum Indischen und Pazifischen Ozeane stark zurücktreten. Was besonders auffällt, ist das Fehlen fast jeder Verwandtschaft mit der Fauna des Roten Meeres, obwohl beide Meere heute nur durch den schmalen und flachen Isthmus von Suez getrennt sind; bei Suez findet man eine Konchylienbevölkerung, welche ganz mit derjenigen des Indischen Ozeanes übereinstimmt, sobald man aber die wenige Meilen breite Landenge überschritten hat, trifft man bei Port Said die Fauna des Mittelmeeres, und kaum eine oder die andre Art ist beiden Plätzen gemeinsam. In der Miocänzeit hat allerdings das Rote Meer noch nicht existiert, aber auch später ändert sich nur wenig an dem Verhältnisse, und nur kurze Zeit hindurch fand eine beschränkte Verbindung beider Meere statt; aber es scheinen keinerlei Formen von Süden nach Norden vorgedrungen zu sein, nur einige Mittelmeerarten betraten das Gebiet des Roten Meeres, und so erklärt es sich, daß einige Typen des erstern Gebietes im letztern durch nahe verwandte, stellvertretende Arten repräsentiert werden.

Wie wir sehen, macht sich mit dem Miocän eine entschiedener ausgesprochene Annäherung an die heutigen Verhältnisse geltend, als sie früher vorhanden war; allein das ist nicht etwa so zu verstehen, daß eine bedeutende Kluft das Miocän vom Oligocän trennt; im Gegenteile ist die Verwandtschaft beider auf der Grenze, namentlich in der marinen Fauna, eine außerordentlich große, eine beträchtliche Anzahl von Arten ist beiden Stufen gemeinsam, und es ist unter Umständen sehr schwierig, zu unterscheiden, welcher von beiden eine bestimmte Ablagerung zugerechnet werden soll. Die Übergänge sind auch hier allmähliche, wenn auch manche bedeutende Veränderung in der Verteilung von Wasser und Land in Europa ungefähr mit der Grenze zwischen Oligocän und Miocän eintrat und bei Beginn der erstern verschiedene neue Säugetierformen in unsern Regionen einwanderten.

In der Entwickelung der Säugetiere ist der Unterschied zwischen dem Miocän und Oligocän am auffallendsten; wir haben gesehen, daß schon vor Ende des Oligocän die überaus reiche Paläotherienfauna mit ihren massenhaften tapirähnlichen Tieren, mit ihren Anoplotherien und verwandten Formen verschwand, wahrscheinlich infolge des starken Umsichgreifens des Wassers, indem der bisherige ausgedehnte europäische Kontinent zerfiel und an seiner Stelle eine Anzahl von Inseln entstand, auf welchen eine so reiche Zahl großer Tiere nicht existieren konnte; im obern Oligocän dominieren die wahrscheinlich sumpf- und wasserbewohnenden Hyopotamen und Anthrakotherien, im Miocän aber entstanden wieder größere Landflächen, die nun von neuem große Landtiere in Menge ernähren konnten.

Die wichtigsten unter den neuerscheinenden Formen, von denen auch mit Sicherheit behauptet werden kann, daß ihre unmittelbaren Vorfahren nicht in unsern Gegenden lebten, sind die Rüsselträger oder Proboscidier. Wir haben diese Verwandten der Elefanten, welche nun in Europa auftreten, schon früher kennen gelernt, es sind die Mastodonten mit vier Stoßzähnen und die Dinotherien mit zwei nach abwärts gerichteten Stoßzähnen im Unterkiefer. Zwar sind die Formen, welche hier im Miocän erscheinen, keine der größten ihres Geschlechtes, aber doch sind es die gewaltigsten Landtiere, welche bisher in Europa erschienen sind. Namentlich **Mastodon angustidens** ist eine für das Miocän überaus charakteristische Form, während die übrigen Rüsselträger von manchen geologisch jüngern Arten nicht eben leicht zu unterscheiden sind.

Von wo die elefantenähnlichen Tiere in unsre Gegenden eingewandert sind, ist noch nicht mit Sicherheit zu bestimmen, doch gibt es einige Anhaltspunkte zu einer gegründeten Vermutung in dieser Hinsicht. In Europa ist der Ursprung derselben sicher nicht gewesen, und auch die Tertiärfauna von Nordamerika kennen wir genügend, um sagen zu können,

daß diese Riesen nicht von dort stammen. Ebensowenig kann Südamerika in Betracht kommen, auch an den Süden, an Afrika, ist bei der Breite des miocänen Mittelmeeres kaum zu denken, und es bleibt demnach eine Einwanderung aus Südosten, Osten und Norden zu erwägen. Gegen die Herkunft aus Norden spricht der Umstand, daß sich die größten Landtiere, die überhaupt existieren, wohl kaum in arktischen Breiten entwickelt haben werden; wichtiger aber ist, daß von einem arktischen oder polaren Festlande der oligocänen Zeit Amerika ebensogut hätte besiedelt werden können und müssen wie Europa, während es nur überaus spärliche Reste von Mastodon in seinen Miocänablagerungen enthält und Dinotherium überhaupt gar nicht vorkommt.

Anders verhält es sich, wenn wir die Einwanderungsrichtung aus Osten und Südosten ins Auge fassen. Wie wir gesehen haben, ist in der asiatischen Region zu Beginn des Miocän eine wichtige Verschiebung des gegenseitigen Verhältnisses von Wasser und Land eingetreten; indem die zusammenhängende Wasserstraße, die zur Eocänzeit von Westeuropa direkt nach Indien verlief, zu einem großen Teile trocken gelegt wurde, entstand eine Landverbindung zwischen den nördlich und südlich gelegenen Regionen, und es ist wahrscheinlich, daß die Rüsselträger auf diesem Wege in unsre Gegenden gekommen sind. Dieselben müßten sich also auf dem alten Lemurenkontinente entwickelt haben, und wir müssen erwarten, die Vorläufer unsrer Dinotherien und Mastodonten kennen zu lernen, wenn einmal oligocäne Säugetierfundstätten im südlichen Indien, auf Madagaskar oder im zentralen oder südlichen Afrika gefunden werden.

Für diese Annahme spricht, abgesehen von dem häufigen Vorkommen tertiärer Rüsseltiere in Indien, namentlich eine Thatsache. Wie oben besprochen wurde, ist die Säugetierordnung der Edentaten in der Jetztzeit ganz auf die südlichen Kontinente beschränkt, und dort hat auch nach den Untersuchungen der südamerikanischen Forscher deren Entwickelung stattgefunden; in nördlichern Gegenden kommen nur überaus selten einzelne fossile Formen vor, Morotherium in Nordamerika, Macrotherium und Ancylotherium in Europa, das erstere von südamerikanischem, die beiden letztern von äthiopisch-indischem Typus, in beiden Fällen offenbar Einwanderer aus dem Süden. Nun trifft aber das Auftreten der ersten Spuren von Macrotherium[1] in Europa mit dem der Rüsseltiere zeitlich zusammen; wir dürfen das als einen Beweis betrachten, daß damals wirklich eine Einwanderung aus den südlichen Kontinentalpartien der Alten Welt in unsre Gegenden stattfand, und damit wächst die Wahrscheinlichkeit, daß auch Mastodon und Dinotherium ebendaher auf dem neueröffneten Wege im Südosten zu uns gelangten. Ob auch das erste Erscheinen andrer miocäner Säugetierformen, etwa die vereinzelten menschenähnlichen Affen, welche in Europa vorkommen (s. S. 443, 444), auf dieselbe Quelle zurückzuführen sind, läßt sich heute noch nicht entscheiden; eine Lösung dieser sowie mancher andern Frage wird sich ergeben, wenn einmal alttertiäre Säugetierreste im Süden der Alten Welt gefunden sein werden.

Von andern Tieren treten mehrere Rhinozerosarten mit und ohne Hörner auf, ferner ein echter Tapir und das vielleicht mit diesem nahe verwandte, wahrscheinlicher aber mit den Schweinen in Beziehung stehende Listriodon. Endlich ist als der wichtigste unter den Unpaarhufern ein Typus aus der Ahnenreihe der Pferde zu nennen, das Anchitherium, bei welchem nur noch eine Zehe den Boden berührt, wenn auch zwei weitere Zehen an jedem Fuße noch ziemlich kräftig entwickelt sind. Es ist das eine sehr verbreitete und wichtige Form im europäischen Miocän, nach welcher man die ganze Säugetierfauna dieser Stufe häufig die Anchitherienfauna nennt, und die Bedeutung dieser Tiere wird um so größer, als sie auch im Miocän von Nord- und Südamerika vorkommen und wir dadurch lernen, daß

---

[1] Welches Alter dem ancylotheriumähnlichen Tiere von Quercy zukommt, läßt sich nicht entscheiden.

zu jener Zeit vielfache Landverbindungen die Wanderungen der Säugetiere erleichterten. Unter den Paarhufern treten schweineartige Tiere (Hyotherium) und Wiederkäuer in vollkommnerer Entwickelung auf, als wir sie in frühern Ablagerungen finden, namentlich Hirsche, welche teils noch hornlos sind, teils ein einfach gabelförmiges Geweih, wie der lebende Muntjak der malayischen Region, tragen, und neben ihnen erscheinen, allerdings erst in etwas jüngern Miocänbildungen, die ersten Vertreter der Antilopen.

Schließlich mögen noch die Raubtiere erwähnt werden. Die im Eocän und Oligocän verbreiteten Kreodonten, welche in der geringen Differenzierung ihres Gebisses und andern Charakteren noch an Beuteltiere und Insektenfresser erinnern, sind hier verschwunden, und die echten Karnivoren mit deutlich von Lücken- wie Kauzähnen verschiedenem Fleischzahne sind nun ausschließlich an deren Platz getreten. Die erste Stelle unter ihnen nimmt der mächtige Amphicyon, halb Hund halb Bär, ein, ein Sohlengänger, dessen Gebiß vorwiegend den Hundetypus zeigt, aber durch die Breite der Höckerzähne sich schon etwas dem Bärencharakter nähert (s. S. 436 u. 437).

Mit der größern Zahl der der heutigen Lebewelt nahe verwandten Säugetierformen im Miocän wird es hier auch möglich, einen Vergleich mit jetzt lebenden Lokalfaunen vorzunehmen; von den für eine solche Parallele geeigneten Formen ist zunächst der Tapir zu nennen, der heute in Südamerika und in der malayischen Region lebt, ferner die Hirsche mit einfach gegabeltem Geweihe in der malayischen Region, das Rhinozeros in Afrika und Indien und die menschenähnlichen Affen, die heute im westlichen Teile des äquatorialen Afrika und auf den Malayischen Inseln vorkommen. Alle diese vier Typen treten demnach in der malayischen Region auf, und wenn auch drei von ihnen größere geographische Verbreitung zeigen, so ist es doch offenbar dieses Gebiet, welches in seinen Säugetieren weitaus am meisten Ähnlichkeit mit dem europäischen Miocän zeigt.

Ganz anders verhält sich die miocäne Vogelfauna, von deren Zusammensetzung wir verhältnismäßig gut unterrichtet sind, namentlich durch die Arbeiten von Milne-Edwards über die französischen Vorkommnisse. Während die Säugetiere nur in den heißesten Gegenden ihre jetzt lebenden Verwandten besitzen, treten unter den miocänen Vögeln, abgesehen von ganz ausgestorbenen Gattungen, manche Typen auf, die sich von jetzt lebenden europäischen Formen nicht viel unterscheiden. So finden wir Vertreter der Spechte, von sperlingsähnlichen Vögeln Bachstelzen, Würger und Krähen, von Raubvögeln Adler, Gabelweih, Uhu und Schleiereule, von Wasser- und Watvögeln Rallen, Trappen, Reiher, Strandläufer, Möwen, Taucher, Pelikane und Enten. Zu dieser Gesellschaft von Vögeln, welche von der jetzigen Europas sich nicht wesentlich unterscheidet, gesellen sich allerdings einige fremdartige und größtenteils tropische Formen; so finden wir Reste von Trogons, insektenfressenden Waldvögeln mit lose anliegendem, prachtvoll gefärbtem Gefieder, die heute in Südamerika und Indien, vereinzelt auch in Afrika vorkommen; ferner kleine Papageien (Psittacus) von äthiopischem Typus, und auf diese Region verweist auch das Vorkommen eines der auffallendsten Vogeltypen, nämlich eines Sekretärvogels, wie er heute in Afrika als Schlangenvertilger lebt. Dahin läßt sich auch das Vorkommen eines ibisähnlichen Tieres rechnen, während das Auftreten einer Salangane (Collocalia), einer der eßbare Nester bauenden Schwalbenformen, auf Indien hindeutet.

Noch tritt eine Reihe von andern Vogelarten auf, die wir hier nicht alle aufzählen können; am häufigsten sind jedenfalls die Pelikane, die ja auch heute in ihren Verbreitungsbezirken in ungeheuern Mengen vorzukommen pflegen, und deren Reste infolge der Lebensweise im Wasser leicht in sich ablagernde Süßwassersedimente gelangen können; ja, im Ries, in der Gegend von Nördlingen, hat man sogar die Brutplätze der miocänen Pelikane in den dortigen Süßwasserkalken gefunden; zahllose Knochen dieser Vögel, Eierschalen,

welche an der eigentümlichen dieselben überziehenden Kalkkruste sehr leicht kenntlich sind, Reste des Genistes kommen dort vor und zeigen in ihrer Anordnung, daß die Lebensgewohnheiten der Bewohner damals wie heute annähernd dieselben waren, daß sie wie jetzt in Sümpfen oder Seen auf schwimmenden Inseln dicht zusammengedrängt nisteten.

Der Gegensatz zwischen dem Charakter der Säugetiere und dem der Vögel der Miocänzeit ist auffallend genug; jene, entschieden tropische Typen, sind vorwiegend mit malayischen Formen verwandt, diese ganz überwiegend denselben Gattungen angehörend, wie sie noch heute in Europa leben, und nur mit wenigen Beimengungen von tropischem Charakter, welche sich am meisten an äthiopische Vorkommnisse anschließen. Man wird also zu ganz verschiedenen Folgerungen über das Klima der Miocänzeit geführt, je nachdem man das Urteil auf die Beschaffenheit der Säugetiere oder der Vögel gründet.

Unter diesen Umständen ist es von Interesse, zu untersuchen, welche Resultate in dieser Richtung die Betrachtung andrer Tiergruppen sowie der Pflanzenwelt ergibt. Von den Meeresmollusken haben wir gesehen, daß sie im südlichen und einem Teile des mittlern Europa subtropischen Charakter zeigen; die Mehrzahl der Formen entspricht solchen, die heute im Mittelmeere leben, zu ihnen gesellen sich aber andre, welche heute am Senegal und in Westindien vorkommen, und man würde daraus zu schließen geneigt sein, daß die Temperatur damals kühler war als am Senegal, aber wärmer als jetzt im Mittelmeere. Andre Folgerungen ergeben sich dagegen, wenn wir die Korallen ins Auge fassen. Die dem obern Miocän angehörenden Leithakalke der Umgebung von Wien enthalten noch große, rasenförmige Stöcke von Porites, Favia und verschiedenen Asträentypen, und das Gestein nimmt stellenweise den Charakter eines Korallenriffes an, wir finden also hier Verhältnisse, wie sie jetzt nur in tropischen Regionen vorkommen. Es ist das um so interessanter, als wir daraus sehen, daß während der Kreidezeit durch das ältere Tertiär und bis ins obere Miocän die Nordgrenze der Riffkorallen dieselbe geblieben ist; sie entspricht während dieses ganzen ungeheuer langen Zeitraumes der Nordgrenze der Alpen, man müßte also daraus schließen, daß hier die Temperatur während dieser ganzen Periode annähernd dieselbe geblieben sei.

Die zahlreichen Land- und Süßwasserkonchylien, welche in sehr großer Menge vorkommen, entsprechen nach Sandberger in Mitteleuropa teils den subtropischen, teils den südeuropäischen Temperaturverhältnissen, und zwar wiegen im untern Miocän die erstern, im obern die letztern vor.

Ziemlich ähnliche Verhältnisse finden wir bei den Insekten. Die reichste Fundstelle miocäner Kerfe ist Öningen bei Konstanz in der Nähe des Bodensees. Heer hat aus diesen Ablagerungen des obern Miocän gegen 850 verschiedene Arten beschrieben, von denen über 500 zu den Käfern gehören; nächst ihnen sind noch die wanzenähnlichen Insekten durch über 100 verschiedene Arten vertreten; dazu gesellen sich dann mit abnehmender Artenzahl Hymenopteren (Ameisen, Bienen 2c.), Fliegen, Netzflügler, Orthopteren und endlich Schmetterlinge, von denen nur drei Arten bekannt sind. Im allgemeinen zeigen die Insekten von Öningen den Charakter der südeuropäischen Fauna mit einer auffallenden Beimischung nordamerikanischer Typen, und außerdem gesellen sich, namentlich unter den Wanzen, Singcikaden und Termiten, einige Formen dazu, welche heute in heißen Gegenden heimisch sind. Eine andre sehr reiche Insektenfauna des Miocän findet sich bei Radoboj in Kroatien, in welcher die südlichen Typen eine größere Rolle spielen als bei Öningen.

Von sehr großer Bedeutung ist die Flora der Miocänzeit, die wir von sehr zahlreichen Lokalitäten und aus verschiedenen Horizonten kennen. Im allgemeinen kann man hervorheben, daß, wenigstens was Bäume und Sträucher anlangt, weit größere Mannig-

faltigkeit vorhanden ist, als man sie heute in denselben Gegenden findet, und ein Artenreichtum, wie er nur in wärmern Ländern vorzukommen pflegt. Auf ein milderes Klima, als es heute in Mitteleuropa herrscht, weist auch die große Zahl immergrüner Gewächse hin, welche ihr Laub nicht jährlich wechseln, und von denen man annehmen darf, daß sie der Mehrzahl nach einem lange dauernden und strengen Winter zu widerstehen nicht im stande waren. Dazu gesellt sich das Auftreten von mehreren Palmen, von vereinzelten Sagopalmen, von tropischen Feigenbäumen und Akazien, welche auf heißes Klima verweisen. In größerer Zahl als diese sind aber Formen vorhanden, welche zwar auf größere Wärme hinweisen, als sie heute nördlich der Alpen herrscht, aber jetzt doch dem südlichen Teile der gemäßigten Zone angehören oder höchstens als subtropisch bezeichnet werden können, und deren nächste lebende Verwandte in den Mittelmeerländern, in Kleinasien, Persien, China, Japan oder im südlichen Teile der Vereinigten Staaten vorkommen. Dahin gehören Tulpenbäume, Kampferbäume, Lorbeer, Myrten, immergrüne Eichen, Sumpfcypressen und eine Menge andrer, neben denen aber auch Formen auftreten, die noch heute in unsern Regionen leben, z. B. Weiden, Erlen, Birken, Buchen, Stechpalmen, Ahorne, Heidelbeeren, Seerosen ꝛc. Ferner treten Pappeln, Ulmen, Amberbäume und Mammutbäume (Sequoia) in Menge auf.

Diese Florenelemente sind übrigens nicht gleichmäßig im Miocän verteilt; in der untern Abteilung herrschen die Typen warmer Gegenden vor; wir haben eine subtropische bis tropische Pflanzengesellschaft mit indischen und australischen Typen, während im obersten Miocän der Gesamthabitus sich demjenigen der wärmern gemäßigten Gegenden anschließt und neben den in zweiter Linie stehenden mitteleuropäischen Formen namentlich solche hervortreten, deren nächste Verwandte heute in den Mittelmeerländern und in Nordamerika zu finden sind. Zwischen den einzelnen Fundorten sind auch je nach ihrer nördlichern oder südlichern Lage erhebliche Unterschiede, welche die Abnahme der Temperatur nach Norden deutlich erkennen lassen. Wenn wir z. B. die Flora von Schoßnitz bei Breslau mit derjenigen in Steiermark oder bei Öningen vergleichen, so finden wir ein auffallendes Zurücktreten der Formen, welche auf warmes Klima verweisen; die tropischen und subtropischen Pflanzen fehlen ganz, während Sumpfcypressen, Amberbäume und immergrüne Eichen hier noch vorkommen.

Es entsteht nun die Frage, welche Schlüsse aus allen diesen Thatsachen gezogen werden sollen; Säugetiere und Korallen haben während des ganzen Miocän tropisches, die Meeresmollusken subtropisches Gepräge, Pflanzen, Insekten und Landschnecken zeigen im untern Miocän subtropischen Charakter, während sie im obern Teile der Stufe an Verhältnisse erinnern, wie sie jetzt in Südeuropa herrschen; die Vögel zeigen endlich vorwiegend europäischen Charakter, und nur wenige südliche Typen treten unter ihnen auf.

Diese Ungleichmäßigkeit im Charakter einzelner Abteilungen zusammen mit der früher besprochenen Thatsache, daß Änderungen im Wärmebedürfnisse der Organismen mit vollster Bestimmtheit angenommen werden müssen, muß uns vor allem vor einem allzu bestimmten Urteile warnen. Man hat z. B. berechnet, daß die Flora von Öningen eine mittlere Jahrestemperatur von $18^1/_2{}^0$ C. bedurfte; die heutige Temperatur beträgt etwa 9^0 C., da aber das Meer damals weit höher stand als heute, Öningen also nur wenig über dem Meeresspiegel lag, so würde sich dadurch die mittlere Jahreswärme auf etwa $11^1/_2{}^0$ C. erhöhen, und man müßte also annehmen, daß im obern Miocän die Bodenseegegend um 7^0 C. wärmer war als heute. Ein solcher Schluß ist jedenfalls viel zu positiv, und dasselbe gilt von allen Versuchen, die Jahrestemperatur einer Lokalität in tertiärer oder gar vortertiärer Zeit zu bestimmen; in der Regel werden aus mehrfach besprochenen Gründen solche Schätzungen entschieden zu hoch ausfallen.

Jedenfalls ist so viel sicher, daß das europäische Klima im Miocän wärmer war als heute; eine Erwärmung um wenige Grade bringt wenigstens für Südeuropa und den südlichen Teil von Mitteleuropa die niedrigere Lage über dem Meere hervor; außerdem war das Land von weniger kontinentalem Charakter als heute, indem wenigstens während der ersten Hälfte des Miocän ein Meeresarm vom Rhônebecken aus am Nordrande der Alpen sich bis Wien erstreckte und in Osteuropa während des ganzen Miocän ein weites Binnenmeer sich ausdehnte. Das Klima war daher mehr ein insulares mit geringern Temperaturextremen als heute und namentlich mit wärmern Wintern. Ob aber diese Faktoren genügen, um alle die Verhältnisse zu erklären, welche wir kennen gelernt haben, das ist wohl mehr als zweifelhaft, es ist im Gegenteile wahrscheinlich, daß noch andre vorläufig unbekannte, aber wahrscheinlich in ihrer Verbreitung über weit größere Räume, möglicherweise über die ganze Erde sich ausdehnende Einflüsse thätig waren. Schon öfters im Verlaufe der geologischen Geschichte haben wir Verhältnisse getroffen, welche derartige Fragen anregten, und wir haben uns von den außerordentlichen Schwierigkeiten überzeugt, welche eine Erklärung dieser Phänomene bietet; je mehr wir uns aber der Jetztzeit nähern, je verwandter die Verhältnisse dadurch den heutigen werden, um so mehr häufen sich die Vergleichspunkte, und um so eher darf man auf ein befriedigendes Ergebnis hoffen. Für heute ist ein solches noch nicht erreichbar, aber wir müssen uns wenigstens davon überzeugen, welche Materialien zur Beurteilung dieser Fragen vorhanden sind. In der That treffen wir bei einem Studium derjenigen Erscheinungen, welche die miocänen Faunen und Floren in andern Gegenden bieten, so viel des Interessanten, daß es wohl der Mühe lohnt, etwas näher auf diese Verhältnisse einzugehen.

Von allergrößter Bedeutung sind in dieser Richtung die Vorkommnisse fossiler Pflanzen im hohen Norden; verschiedene Polarexpeditionen haben solche an mehreren Punkten fast so weit gefunden, wie der Mensch überhaupt in jene Eiswüsten vorgedrungen ist. Das gesamte Material, welches hier gesammelt wurde, gelangte in die Hände Heers, des ausgezeichneten Kenners der vorweltlichen Floren, und er hat diese kostbaren Reste mit sorgsamer Genauigkeit untersucht. Das Alter derselben wurde von ihm als Miocän bestimmt, eine Ansicht, gegen welche allerdings gewichtige Bedenken erhoben wurden, und wir werden uns mit dieser heute noch nicht entschiedenen Frage noch zu beschäftigen haben; für den Augenblick müssen wir vor allem den Charakter dieser merkwürdigen Floren kennen lernen, und es kann das kaum besser geschehen als mit den eignen Worten Heers:

„Wir kennen gegenwärtig aus Island, Grönland, Grinnell-Land, Spitzbergen und Nordkanada 363 miocäne Pflanzenarten. Die nördlichste Fundstelle solcher Pflanzen ist Grinnell-Land bei 81° 45′ nördlicher Breite und wurde im Jahre 1876 von Kapitän Feilden, Naturforscher bei der damaligen englischen Polarexpedition, entdeckt. Es wurden in einem schwarzen Schiefer 30 Pflanzenarten gesammelt, von welchen 10 zu den Nadelhölzern gehören; die Sumpfcypresse (Taxodium distichum, das noch jetzt im südlichen Teile der Vereinigten Staaten lebt) war da häufig, und es wurden nicht nur die zierlichen beblätterten Zweige, sondern auch die männlichen Blüten gefunden; die Fichte ist eine zweite noch lebende Pflanzenart, die uns in diesem Polarlande begegnet, und ihr waren zwei Kiefern (Pinus Feildeniana und Pinus polaris) beigesellt. Eine eigentümliche ausgestorbene Gattung der Familie der Eibenbäume bildet Feildenia, welche in drei Arten den höchsten Norden bewohnte. Eine Ulme (Ulmus borealis) bildete mit einer Linde, zwei Birken- und zwei Pappelarten den Laubwald, zwei Haselarten mit einem Schneeballe (Viburnum Nordenskiöldi) das Buschwerk; in dem See, der sich dort befunden haben muß, lebte eine Seerose (Nymphaea arctica), und das Ufer bekleideten Seggen und Schilfrohr. Es tritt uns daher in diesem äußersten Teile eine Pflanzenwelt entgegen,

welche am meisten mit derjenigen im nördlichen Teile der gemäßigten Zone übereinstimmt und eine mittlere Jahrestemperatur von wenigstens 8° C. verlangt, während diese gegenwärtig dort 20° C. unter Null liegt. Am nächsten schließt sich die Flora von Spitzbergen an, welche wir von zahlreichen zwischen $77^1/_3$ und $78^2/_3$° nördlicher Breite gelegenen Stellen in 179 Arten kennen. Auch hier dominieren die Nadelhölzer und die Sumpfcypresse, die Fichte und die Feildenien treten uns auch hier entgegen, dazu kommt aber noch eine ganze Zahl von Föhren, Fichten und Tannen wie ferner mehrere Mammutbäume (Sequoia, jetzt in Kalifornien lebend) und Glyptostroben, aber auch Cypressen fehlen nicht, so namentlich zwei zierliche Arten von Libocedrus (Libocedrus Sabineana, Libocedrus gracilis). Unter den Laubbäumen treten uns die Pappeln mit sieben Arten entgegen, von denen zwei über die ganze Westseite Spitzbergens, vom Bellsund bis zur King's Bai, verbreitet waren; die Weiden sind selten, ebenso die Erlen, Birken und Buchen. Von größerm Interesse sind zwei großblätterige Eichen-, eine Platanen-, eine Ulmen-, eine Linden-, eine Walnußbaum-, zwei Magnolien- und vier Ahornarten, von denen eine (Acer arcticum) in prächtigen Blättern und Früchten gefunden wurde. Drei Schneeball-, mehrere Cornus-, Nyssa-, Weißdorn- und Judendornarten bildeten mit dem Haselstrauche das Buschwerk. Die arktische Seerose, ein Froschlöffelkraut und ein Laichkraut (Potamogeton Nordenskiöldi) weisen auf einen Süßwassersee, der wahrscheinlich von einem Torfgrunde umgeben war, welchen zahlreiche Riedgräser (Cyperus, Carex), Sparganien und Schwertlilien bekleideten. Überblicken wir diese Flora von Spitzbergen, so vermissen wir zwar in derselben alle Formen der heißen Zone, anderseits weicht sie gänzlich von der jetzigen Spitzbergens und überhaupt von der Flora der arktischen Zone ab; sie hat den Charakter der Pflanzenwelt der gemäßigten Zone, wie wir sie heute im nördlichern Deutschland antreffen, und läßt auf eine mittlere Jahrestemperatur von 9° C. schließen.

„Einen etwas südlichern Anstrich hat die fossile Flora von Nordgrönland, welche uns von der Westküste bei 70° nördlicher Breite näher bekannt geworden ist. Wir erblicken unter den 169 Arten, welche uns von da zugekommen sind, eine Magnolie mit immergrünen Blättern, während die beiden Spitzberger Arten offenbar fallendes Laub hatten; ferner haben wir in Grönland einen Kastanienbaum, einen Ginkgo, Diospyrus, Sassafras und leberblätterige Macclintockien und Cocculites. Die Sequoien, Taxodien und Pappelarten waren hier ebenso gemein wie auf Spitzbergen; die Eichen treten uns in sieben Arten entgegen und hatten zum Teile große, prächtige Blätter, ebenso die Platanen und die Weinreben. Es ist dies eine Flora, die ein Klima andeutet, wie wir es gegenwärtig in der Umgebung des Genfer Sees, z. B. bei Montreux, mit $10^1/_2$° C. Jahrestemperatur treffen.

„Daß aber nicht allein Grinnell-Land, Grönland und Spitzbergen zur miocänen Zeit ein viel wärmeres Klima gehabt haben als heute, zeigen uns die fossilen Floren von Island, vom Bärenseeflusse in Nordkanada (bei 65° nördlicher Breite), von Simonova im westlichen Ostsibirien, von Alaska, Kamtschatka und von der Insel Sachalin. In allen diesen Ländern sind die Reste von Bäumen und Sträuchern gesammelt worden, welche dies bezeugen und nicht bezweifeln lassen, daß diese hohe Temperatur durch die ganze arktische Zone rings um die Erde verbreitet war.

„Während für die Schweiz eine Temperaturerhöhung von 9° C. genügt, um die Erscheinungen der Miocänzeit zu erklären, ist dies in der arktischen Zone nicht der Fall. Für Spitzbergen wird gegenwärtig bei 78° nördlicher Breite eine mittlere Jahrestemperatur von $-8{,}6$° C. angenommen, für Grönland bei 70° nördlicher Breite von -7° C. Durch den Zusatz von 9° würden wir für letzteres nur $+2$° erhalten, für ersteres $+0{,}4$° C. und für das

Grinnell-Land —11° C. erhalten, Temperaturen, bei welchen die aus jenen Gegenden uns jetzt bekannte miocäne Pflanzenwelt unmöglich hätte bestehen können, es muß für diese Gegenden der Unterschied zwischen einst und jetzt $17^1/_2$°, ja für Grinnell-Land 28° C. betragen. Der Abstand zwischen der miocänen und der lebenden Flora ist demnach in der arktischen Zone noch viel größer als in der gemäßigten, so daß derselbe nach Norden hin an Größe zunimmt."

Wir haben hier eine der seltsamsten und auffallendsten Thatsachen kennen gelernt, welche uns im ganzen Gebiete der Erdgeschichte begegnen; wohl haben wir von ähnlichen Beobachtungen schon in ältern Formationen gehört, allein in jenen frühern Abschnitten war die Zahl der untersuchten Punkte eine weit geringere, und überdies wird die Erscheinung um so wunderbarer, je näher sie unsrer Zeit gerückt ist. Allerdings können die Folgerungen, die an diese Vorkommnisse geknüpft worden sind, nicht ohne weiteres als gültig betrachtet werden, und man hat mannigfache Deutungen derselben versucht; zunächst ist es klar, daß aus den vorhandenen Daten das geologische Alter der Ablagerungen noch nicht genau bestimmt werden kann. Heer bezeichnet sie als Miocän, allein er gibt dieser Stufe eine viel weitere Ausdehnung, als das jetzt in der Regel geschieht, und begreift in derselben auch noch alle die Ablagerungen, welche hier als mittel- und oberoligocän bezeichnet werden, in welcher also in Mitteleuropa großenteils noch tropische Vegetation herrschte. Allein die Unsicherheit ist noch größer; wir sehen, daß in unsern Regionen die Flora vom mittlern Eocän an bis gegen Ende des Pliocän, von rein tropischer Entwickelung ausgehend, mehr und mehr an Typen heißer Gegenden ärmer wird und den Charakter der Flora gemäßigter Breiten annimmt; dasselbe ist natürlich auch der Fall, wenn man innerhalb einer und derselben Stufe des ältern Tertiär von Süden nach Norden fortschreitet. Die selbstverständliche Folge dieses Verhältnisses ist, daß die Pflanzen einer ältern Stufe in höhern Breiten denjenigen einer jüngern Stufe weiter im Süden ähnlich oder analog werden. Auf diese Betrachtung gestützt, haben englische Geologen es wahrscheinlich zu machen gesucht, daß die fossilen Floren der Polarregionen nur aus diesem Grunde unsrer europäischen Miocänvegetation ähnlich, in Wirklichkeit aber erheblich älter sind und dem Eocän angehören, und Saporta macht darauf aufmerksam, daß manche der hochnordischen Pflanzen solchen aus dem untersten Eocän Frankreichs nahestehen.

Diese an sich sehr plausible Ansicht wird erheblich wahrscheinlicher, wenn wir die fossilen Floren ins Auge fassen, welche in Nordamerika, in der westlichen Region der Vereinigten Staaten, vorkommen. Wir haben schon bei Besprechung der Kreidepflanzen gesehen, daß sie in dieser Gegend weniger ausgesprochen tropischen Charakter zeigen als in Europa; dasselbe gilt von der Vegetation der auf der Grenze zwischen Kreide und Tertiär auftretenden Laramieschichten, und die Flora, welche dort zusammen mit den eocänen Säugetieren vorkommt, wird von Lesquereux als eine in ihrem Charakter ganz dem europäischen Miocän entsprechende bezeichnet. Während in Europa in rascher Folge sehr verschiedene Pflanzengesellschaften aufeinander folgen, ist der Vegetationscharakter in Nordamerika ein überaus konservativer, eine Eigentümlichkeit, die sich merkwürdigerweise bei den Süßwasserkonchylien wiederholt. Schon in den Laramieschichten treten z. B. die noch heute für Nordamerika charakteristischen Gattungen Tulotoma, Acella, Goniobasis und die bezeichnenden dickschaligen Unionen ebenso wie heute auf; in Europa erscheint ein Teil dieser Typen im Miocän und Pliocän, verschwindet aber von hier wieder, während er sich in Amerika erhalten hat.

Es ist das in mehrfacher Beziehung von großer Wichtigkeit für die uns hier vorliegenden Fragen; zunächst wird es durch die Ähnlichkeit der eocänen Flora Amerikas mit der miocänen Europas wahrscheinlich, daß auch die polaren Vorkommnisse älter sind, als man ursprünglich annahm, und wenn sich diese Vermutung bestätigt, so wird der Zeitpunkt, zu welchem in so hohen Breiten üppiges Pflanzenleben existierte, bedeutend zurückgeschoben.

Eine zweite Folgerung, die sich daraus ergibt, besteht darin, daß jene Temperaturabnahme, die sich in Europa vom Eocän bis zum Ende des Miocän vollzogen zu haben scheint, keine Erscheinung darstellt, die sich überall oder auch nur in der ganzen nördlichen Hemisphäre gleichartig oder in gleicher Stärke vollzogen hat; wenn im zentralen Nordamerika eine Abkühlung des Klimas überhaupt stattgefunden hat, so war sie zum mindesten nur gering.

Übrigens sind die nordamerikanischen Ablagerungen durchaus nicht die einzigen, deren Verhältnisse zu den europäischen in einem derartigen Kontraste stehen; bei Gelegenheit der Umseglung Asiens sammelte Nordenskiöld im südlichsten Teile von Japan, in der Nähe von Nagasaki, eine fossile Flora, welche von Nathorst untersucht wurde. Sie besteht etwa zur einen Hälfte aus erloschenen Arten, zur andern aus Formen, die noch heute leben und zwar vorwiegend in Japan, nächstdem in Nordamerika, jedoch an Punkten, deren Klima kühler ist als heute dasjenige von Nagasaki. Nach der Zahl der lebenden Arten haben wir es offenbar mit einer Ablagerung zu thun, die jünger ist als die bisher besprochenen, welche dem Pliocän zugerechnet werden muß und zwar wahrscheinlich dessen oberer Hälfte. Wenn wir nun aber in Europa die gleichalterigen Floren betrachten, z. B. diejenigen, welche bei Cézak (Haute-Loire) oder selbst bei St.-Martial (Hérault) und Durfort (Gard) in Frankreich vorkommen, so finden wir, daß die Vegetation auf ein etwas wärmeres Klima verweist, als es heute herrscht, und erst in noch jüngern Ablagerungen, z. B. im Forest Bed des südlichen England, das schon den untern Diluvialablagerungen zugerechnet werden muß, und in welchem nur jetzt lebende Pflanzen vorkommen, finden wir eine Pflanzengesellschaft, die auf etwas kälteres Klima als das heutige verweist. Wir sehen also auch hier ein Beispiel, daß in andern Teilen der Welt der Gang der Temperaturveränderungen ein andrer war als in Europa.

Ein noch viel auffallenderes Beispiel finden wir auf der südlichen Hemisphäre, in den tertiären Meereskonchylien, welche in Chile gefunden worden sind. Philippi hat eine größere Sammlung dieser Versteinerungen, welche ungefähr unter 35° südlicher Breite gesammelt waren, untersucht; ein Teil derselben stammt gewiß aus dem Miocän, während andre eocänen Alters sein mögen. Jedenfalls war aber in der ganzen Serie keine Form, welche den Schluß auf ein wärmeres Klima als das heutige gestattet hätte. Es ist das um so auffallender, als infolge eines von Süden her kommenden Kaltwasserstromes auch die heutige Konchylienfauna von Chile das Gepräge kälterer Temperatur an sich trägt, als man nach der geographischen Lage voraussetzen sollte.

Aus diesen Thatsachen geht die eine wichtige Folgerung mit voller Klarheit hervor, daß jene starke und ziemlich gleichmäßige Temperaturabnahme während der ganzen Tertiärzeit, die man vielfach nach den europäischen Verhältnissen anzunehmen geneigt ist, wenigstens keine allgemein verbreitete Erscheinung darstellt. Kein Versuch einer Erklärung wird dieses Verhältnis unbeachtet lassen dürfen, wie das bisher so häufig geschehen ist, und wahrscheinlich wird man zu der Überzeugung gelangen, daß Europa zur Tertiärzeit im Vergleiche zu manchen andern Gegenden ein abnorm heißes Klima hatte.

Werden wir dadurch für die Deutung der uns zunächst liegenden Vorkommnisse vorwiegend auf lokale Ursachen verwiesen, so reichen diese doch kaum aus, um alle Erscheinungen befriedigend zu erklären, und es wird sich wahrscheinlich die Folgerung ergeben, daß noch viele andre Gegenden der gemäßigten Zone wärmeres Klima hatten als heute. In keiner Weise aber erhalten wir irgend welchen Aufschluß darüber, wie im Tertiär, sei es nun im Miocän oder im Eocän, eine üppige Vegetation bis fast zum 82.° nördlicher Breite reichen konnte, wo jetzt der Boden den größten Teil des Jahres hindurch von Eis und Schnee starrt und nur während kurzer Sommermonate eine überaus dürftige Vegetation kümmerlich ihr Dasein fristet. Grinnell-Land mit einer mittlern Jahrestemperatur

von — 20° C. ist fast der kälteste Fleck Erde, den man überhaupt kennt. Schräg fiel damals wie heute die Sonne auf diese Regionen, monatelange Nacht lagerte sich über dieselben, und wir können in keiner Weise begreifen, wie in solcher geographischen Lage eine Vegetation gedeihen konnte, wie wir sie oben kennen gelernt haben. Weder eine verschiedene Verteilung von Wasser und Land, noch intensivere Erdwärme, noch größere von der Sonne ausstrahlende Hitze können zur Lösung dieses Rätsels herangezogen werden; die geographische Anordnung der Kontinente wäre viel zu schwach, um ein solches Wunder zu wirken. Daß die innere Erdwärme überhaupt als ein wesentlicher Faktor für die Gestaltung des Klimas nicht herbeigezogen werden kann, wurde schon früher besprochen; wäre die Sonne damals um so viel heißer gewesen als heute, so würde sich deren Einfluß in weit gleichmäßigerer Weise auch in andern Gegenden geltend gemacht haben, als das nach dem eben Gesagten der Fall gewesen ist. Überdies müßte die Abnahme der Sonnenwärme seit den ältesten Zeiten bis heute immer fortgeschritten sein, die Hitze wäre infolgedessen vermutlich noch bis zum Ende der paläozoischen Zeit eine so kolossale gewesen, daß kein Leben auf Erden mehr gedacht werden könnte. Noch weniger können die phantastischen Voraussetzungen, daß das ganze Sonnensystem früher durch einen wärmern Teil des Weltraumes durchgegangen sei, oder daß die Sonne einen sehr viel größern Durchmesser gehabt habe als heute, ernsthaft in Betracht kommen, um von der Voraussetzung einer dichtern und feuchtern Atmosphäre ganz zu schweigen.

Diese ungeheuern Schwierigkeiten haben immer und immer wieder zu einer Annahme gedrängt, die von vielen Seiten aufs heftigste bekämpft und von der Mehrzahl ihrer Anhänger immer bald wieder verlassen wurde, zu der Annahme nämlich, daß die Achse der Erde ihre geographische Lage im Laufe langer geologischer Zeiträume verändere, daß die Pole wandern und gleichzeitig die Lage des Äquators sich verschiebe. Es läßt sich heute noch nicht entscheiden, ob eine solche Verschiebung stattgefunden hat und in welchem Betrage, und ob dies innerhalb der Tertiärzeit in namhaftem Maße geschehen ist. Viele und große Schwierigkeiten stellen sich einer solchen Annahme entgegen, deren wir einzelne schon kennen gelernt haben, aber trotzdem gibt es auch eine Anzahl von Thatsachen, welche für dieselbe sprechen, und sie empfiehlt sich schon dadurch wenigstens der Beachtung, daß sie unter allen bisher aufgestellten Hypothesen die einzige ist, die nicht geradezu auf Unmöglichkeiten fußt. Bisher ist es noch nie versucht worden, im Zusammenhange zu prüfen, ob die Gesamtheit der einschlägigen geologischen Erscheinungen sich mit dieser Voraussetzung in Einklang bringen läßt oder nicht, und wenn es auch nicht im Plane dieses Werkes gelegen sein kann, dies zu thun, so mögen doch einige wichtige Thatsachen hier hervorgehoben werden.

Es handelt sich damit offenbar um eine Frage, die nicht einseitig vom geologischen Standpunkte aus beantwortet werden kann und darf; das Problem ist in erster Linie ein rein mechanisches, zu dessen Lösung Astronomen und Physiker berufen sind. Jede Massenverschiebung auf der Erde, durch welche die Lage des Schwerpunktes geändert wird, muß eine wenn auch noch so minimale Verschiebung in der Lage der Pole hervorbringen, und es ist also die Aufgabe, zu untersuchen, ob alle geologischen Veränderungen im stande sind, eine überhaupt meßbare oder für die klimatischen Verhältnisse irgend bedeutsame Verschiebung dieser Art hervorzubringen. Zahlreiche Forscher haben sich damit beschäftigt und sind je nach den Voraussetzungen, von denen sie ausgingen, zu sehr verschiedenen Ergebnissen gelangt. Wäre die Erde eine vollkommene Kugel, so würde natürlich der Einfluß jeder Massenveränderung auf die Lage der Pole ein verhältnismäßig großer sein; nun ist aber die Erde ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid, und hier wird natürlich eine Verschiebung sehr viel schwieriger vor sich gehen, da eine Verrückung der Pole aus dem Zentrum der Abplattung nicht wohl möglich erscheint, und gerade dieser Umstand hat viele

Forscher auf diesem Gebiete zu einer entschiedenen Verneinung der Frage geführt, während andre die Möglichkeit einer Änderung zugeben.

Neuerdings hat ein ausgezeichneter Astronom, Schiaparelli in Mailand, diese Frage untersucht; den Ausgangspunkt für seine Betrachtung bildet die Thatsache, daß einige Sternwarten, von denen seit sehr langer Zeit genaue Ortsbestimmungen vorliegen, z. B. diejenigen von Königsberg, von Pulkowa bei Petersburg und einige andre, ihre geographische Lage thatsächlich etwas geändert haben und durchweg etwas südlicher liegen als früher; die Ortsveränderung ist allerdings eine sehr geringe und beträgt nur etwa 30—40 m in einem Jahrhundert; es ist das eine so unbedeutende Bewegung, daß sie fast innerhalb der Grenzen der regelmäßigen Beobachtungsfehler fällt, allein der Umstand, daß die Abweichung an mehreren Punkten bemerkt wurde und in Europa überall nach derselben Richtung hin stattfindet, läßt keinen Zweifel an der Richtigkeit der Beobachtungen aufkommen; eine geringe Verlegung der Pole hat also wirklich stattgefunden.

Die Ursachen einer Veränderung in der Lage der Pole können nur Massenverschiebungen in der Erde sein, wie sie durch Gebirgsbildung, Senkung, Denudation in langsamem Tempo vor sich gehen, und zwar scheint nach Schiaparelli dem letztern Vorgange die größte Bedeutung zuzukommen. Die Wirkung solcher Faktoren auf die Lage der Pole muß nun eine sehr verschiedene sein, je nachdem die Erde ein vollständig starrer Körper ist oder einen gewissen Grad von Plastizität besitzt, wie er von vielen Physikern vorausgesetzt wird. Im erstern Falle ist eine nennenswerte Verschiebung der Pole kaum denkbar, im letztern aber können durch die geologischen Veränderungen in der Erdrinde und an ihrer Oberfläche sehr bedeutende unregelmäßige Verschiebungen innerhalb sehr langer Zeiträume vor sich gehen. Die Astronomie ist nach Schiaparelli bei dem heutigen Stande des Wissens außer stande, eine sichere Entscheidung zu treffen, und dieser Forscher faßt seine Auseinandersetzung folgendermaßen zusammen: „Wenn die Geologen durch Prüfung der Thatsachen auf ihrem Gebiete dahin geführt werden, großartige Änderungen der geographischen Breiten auf der Erde vorauszusetzen, so ist die Astronomie weit davon entfernt, ein absolutes Veto einzulegen". Die Möglichkeit ist also gegeben, und wir müssen sehen, wie die geologischen Verhältnisse sich zu einer solchen Annahme stellen.

Fassen wir von diesem Gesichtspunkte aus die nordischen Lagerstätten tertiärer Pflanzen ins Auge, so zeigt schon ein flüchtiger Blick, daß an eine sehr bedeutende Verlegung der Pole gar nicht gedacht werden kann. Die Pflanzenfundorte bilden nämlich einen Kranz um den Pol: „der Pol ist", wie der englische Geolog Houghton sagt, „von einem Ringe derselben umgeben, aus dem er sowenig entkommen kann wie eine Ratte aus einer Falle, welche rings von Dachshunden umstellt ist". Unter etwa 30° östlicher Länge von Greenwich liegen die Vorkommnisse von König Karls-Land, und dann folgen gegen Westen diejenigen von Spitzbergen, von Ostgrönland, Westgrönland, Grinnell-Land, Banksland, Sitka, Alaska, Kamtschatka und von der untern Lena (unter 65° nördlicher Breite). Es ist sicher, daß der Pol während der Tertiärzeit nicht außerhalb dieses Kreises gelegen haben kann, und es kommt also nur darauf an, ob er innerhalb desselben eine andre Lage eingenommen hat.

Hier finden wir nun allerdings eine auffallende Thatsache, daß nämlich fast alle sehr hoch im Norden gelegenen Fundorte, Grinnell-Land, König Karls-Land, Spitzbergen und Grönland, nach einer Richtung vom Pole, in dem Raume zwischen 30° östlich und 70° westlich von Greenwich, liegen; der einzige Punkt, nördlich vom 70.° nördlicher Breite, der nicht in diesen Abschnitt fällt, derjenige von Banksland, stellt eine Anhäufung tertiärer Treibhölzer dar, die vermutlich nicht an der Stelle gewachsen sind, wo sie heute liegen, sondern durch Meeresströmungen dorthin verschwemmt sind. Betrachtet man dagegen die

Flora der unter weniger als 60° nördlicher Breite gelegenen Vorkommnisse auf Alaska, welche in einer jener ersten ungefähr entgegengesetzten Richtung liegen, so findet man, daß sie ebenso nordisches Gepräge tragen wie die in Grönland unter 70°, ja fast in demselben Grade wie die auf Spitzbergen unter 78°.

Denken wir uns nun den Nordpol im Meridian von Ferro um 10° gegen das nordöstliche Asien hin verschoben, so würde dadurch allerdings eine weniger abnorme Gruppierung erzielt: der 70.° nördlicher Breite würde dann, nach den heutigen Lokalitätsnamen orientiert, mitten durch Spitzbergen und Nowaja Semlja nach der Mündung des Ob laufen, von da in Sibirien eindringen und nahe bei der Stadt Irkutsk vorbeigehen; er schneidet dann den nördlichsten Teil des Ochotskischen Meeres und der Halbinsel Kamtschatka, läuft südlich von der Beringsstraße und trifft Nordamerika an der Mündung des Kupferminenflusses; weiterhin tritt er in den arktisch-amerikanischen Archipel ein, schneidet hier die Prinz Albrechts-Insel, Prinz von Wales-Insel, Nord-Devon und erreicht das nördliche Grönland, da, wo heute der 78.° nördlicher Breite ist. Bei einer solchen Lage des Poles würde keine der Pflanzenfundstellen nördlicher als 73° liegen, es würde sich erklären, warum die Fundorte in Alaska, Sachalin ꝛc. verhältnismäßig entschieden nordischeres Gepräge tragen als diejenigen auf Spitzbergen und Grönland. Ebenso würde sich damit gut in Einklang bringen lassen, daß im Pliocän Japans die Pflanzen einem kühlern Klima entsprechen als heute. Europa, dessen Tertiärbildungen durch den einer entschieden warmen Temperatur entsprechenden Charakter ihrer Bevölkerung besonders ausgezeichnet sind, wäre zu Beginn des Tertiär 8—10 Breitengrade weiter vom Pole entfernt gewesen als heute, was also eine Temperaturzunahme von mehreren Graden bedingen würde. Anderseits liegt das zentrale Nordamerika in einer Region, auf welche eine solche Verschiebung des Poles nur sehr wenig Einfluß üben würde, was wieder dem auffallend gleich bleibenden Florencharakter entspricht. Alles das nimmt zu gunsten einer solchen Hypothese ein, wenn dieselbe auch nicht alle Schwierigkeiten löst; wir hätten noch immer im Tertiär kräftigen Waldwuchs bei 73° nördlicher Breite, während heute die äußersten dürftigen Ausläufer desselben nach Norden nur an einigen Stellen den 70.° erreichen oder um weniges überschreiten, aber immerhin wäre doch ein sehr großer Fortschritt gegeben.

Allein wir müssen uns daran erinnern, daß einzelne derartige Übereinstimmungen mit den Thatsachen doch noch nicht genügen, um eine Hypothese zu beweisen; es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß tertiäre Pflanzenlager an einer Stelle gefunden werden, die bei der oben genannten Kombination ebensoweit nach Norden fallen wie heute Grinnell-Land. Vor allem aber müßte sich die Beweisführung nicht auf einige wenige Thatsachen stützen, wie das hier geschehen ist, sondern es müßte die gesamte Masse der Erscheinungen, welche die Verbreitung der fossilen Tiere und Pflanzen kennen lehrt, in Betracht gezogen werden, um ein Resultat zu erlangen. Was hier angeführt wurde, genügt, um die Möglichkeit einer Verschiebung des Poles um etwa 10 Grad seit der Ablagerung der Pflanzen in Grinnell-Land darzuthun. Eingehendern Untersuchungen muß es vorbehalten bleiben, darüber hinauszugehen und zu prüfen, ob es sich um mehr als Möglichkeit, ob es sich um Wahrscheinlichkeit oder Wirklichkeit handelt. Daß manche Erscheinungen in der Verteilung der jurassischen Fossilien vorläufig nicht ganz mit einer derartigen Annahme zu stimmen scheinen, wurde früher erwähnt; doch darf über eine so wichtige Frage nicht einseitig nach einigen wenigen derartigen Thatsachen entschieden werden, wir müssen vor allem noch weit zahlreichere Beobachtungen sammeln, und was vielleicht wichtiger ist, die Masse aller bisher gesammelten Daten muß von diesem Standpunkte aus kritisch untersucht werden, eine langwierige und schwere Aufgabe, für welche hier nicht der angemessene Ort ist.

Das Miocän in Europa.

Die Verbreitung des Meeres in Europa und seiner Umgebung hat sich bei Beginn des Miocän nicht unbeträchtlich geändert; im Norden hat es sich zurückgezogen, in den südlichern Gegenden dagegen um sich gegriffen. Im nördlichen Deutschland ist das Vorkommen auf eine Bucht beschränkt, welche im Osten bei Wismar beginnt und von da ab gegen Westen in Schleswig-Holstein, auf den Friesischen Inseln, in dem ganzen breiten Tieflande bis an die holländische Grenze, im größten Teile von Holland, endlich in einem kleinen Teile von Belgien, bei Antwerpen, Niederschläge hinterlassen hat. Allerdings können wir nicht etwa eine zusammenhängende Ausbreitung miocäner Meeresablagerungen in diesem Gebiete unmittelbar nachweisen, sondern es sind nur isolierte Punkte, welche aus der umhüllenden Diluvialdecke hervorragen oder unter derselben durch künstliche Aufschlüsse nachgewiesen worden sind, aus denen man den ehemaligen Umfang dieser Bucht rekonstruieren kann. Die Fauna dieser Bildungen, mit welcher wir namentlich durch die Arbeiten von Beyrich und A. v. Koenen bekannt sind, ist im Vergleiche mit derjenigen, welche gleichzeitig in der Mittelmeerregion lebte, eine ziemlich arme; besonders fällt die Spärlichkeit großer, dickschaliger Formen auf, ein Umstand, der wahrscheinlich mit der nördlichern Lage zusammenhängt.

Der Umfang des Meeres ist hier geringer als während der Ablagerung des obern Oligocän, und merkwürdigerweise können wir durchaus nicht angeben, in welcher Richtung diese Bucht mit dem offenen Meere zusammenhing. In ganz England ist keine sichere Spur miocäner Meeresbildungen bekannt, und ebenso scheint das Meer damals auch Nordfrankreich nicht oder nur ganz wenig in seinen westlichen Teilen erreicht zu haben. Anderseits ist es sehr wahrscheinlich, daß eine zusammenhängende Landverbindung von Schottland über die Faröer nach Island und von da nach Nordamerika reichte. Nach Süden und Osten war eine Meeresverbindung sicher nicht vorhanden; daß eine solche nach irgend einer Richtung offen stand, kann keinem Zweifel unterliegen, und zwar am wahrscheinlichsten gegen Westen, aber wir sind nicht im stande, den Verlauf derselben nachzuweisen.

Das Mainzer Becken, welches schon im obern Oligocän keine rein marine Entwickelung mehr zeigte, war zur Miocänzeit ein vollständiges Binnenbecken. Im untersten Miocän, welches durch die sogenannten Cerithienschichten vertreten wird, sind noch mehrere marine Formen neben solchen des brackischen und süßen Wassers vorhanden. Sehr ausgezeichnet sind diese Bildungen namentlich dadurch, daß sie an manchen Punkten, wie bei Hochheim, zwischen Frankfurt und Mainz, eine Menge von Landschnecken eingeschwemmt enthalten, die uns ein sehr vollständiges Bild der damaligen Vertreter dieser Abteilung geben; in ziemlich ähnlicher Weise kommen diese untermiocänen Landschnecken auch stellenweise in Süddeutschland, besonders häufig und ausgezeichnet aber bei den Orten Tuchorschitz und Kolosoruk in Böhmen vor. Die höher liegenden Corbiculaschichten des Mainzer Beckens enthalten ganz vorwiegend Land- und Süßwasserformen, denen nur wenige brackische beigemengt sind, und das jüngste Glied des Miocän in dieser Gegend, die sogenannten Litorinellenschichten, zeigt, daß zu dieser Zeit die Aussüßung des Beckens vollendet war. Von großer Wichtigkeit sind diese Ablagerungen wegen der Menge fossiler Säugetierreste, welche an manchen Punkten, namentlich bei Weisenau, in denselben gefunden worden sind.

Der Schwerpunkt der Entwickelung des Miocän liegt jedoch nicht in diesen Gegenden, sondern in den Vorkommnissen an der atlantischen Küste und in dem damaligen Mittelmeere. An der Westküste von Frankreich ist das Meer während des untern Miocän weit verbreitet, und seine Ablagerungen dringen in einigen großen Buchten tief ins Land ein;

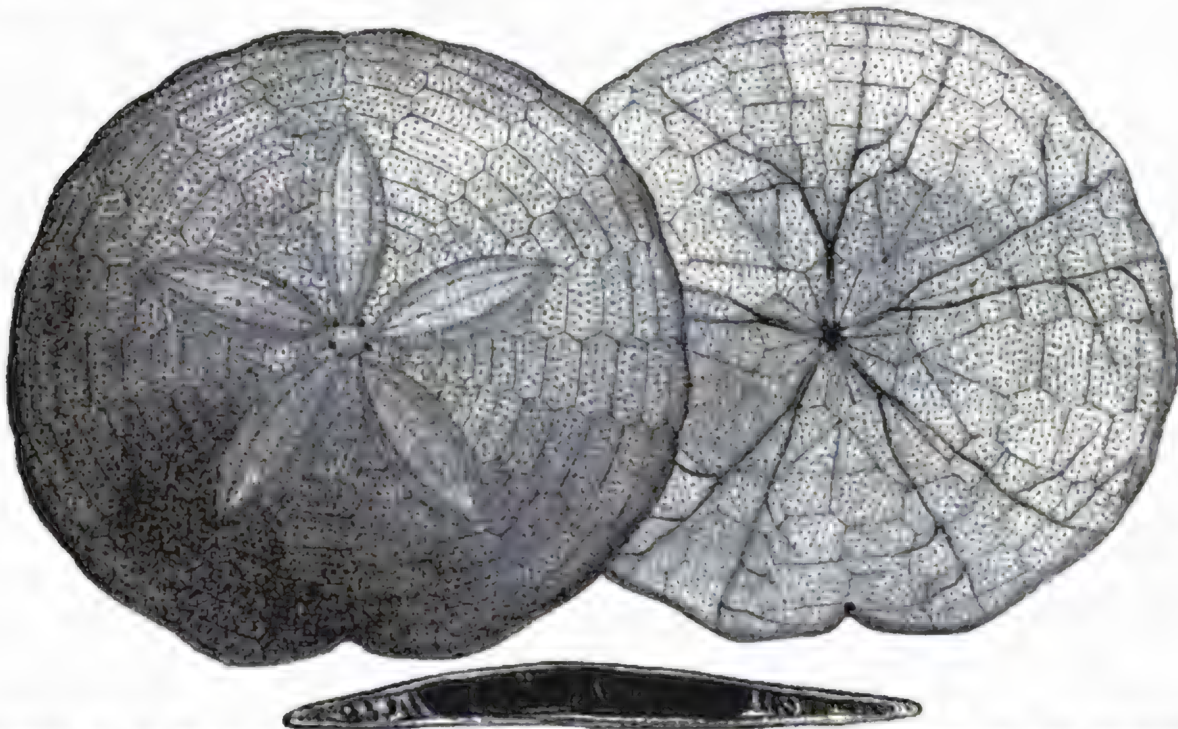
die eine entspricht dem Loirethale, in welchem das Meer allerdings noch nicht sehr weit eingreift, dagegen entspricht eine zweite sehr viel größere Bucht dem Becken der Gironde, wo die Faluns der Umgebung von Bordeaux durch die Menge ihrer Versteinerungen seit langem bekannt sind. Hier erstrecken sich die Meeresbildungen so weit ins Innere des Landes, daß man an dieser Stelle einen Kanal vermutete, der den Atlantischen Ozean mit dem Mittelmeere in Verbindung setzte, jedoch mit Unrecht, da auf der Wasserscheide zwischen den beiden Meeren miocäne Süßwasserablagerungen auftreten. Auch an der portugiesischen Küste, im südwestlichen Spanien und im nordwestlichen Afrika, in Marokko, finden sich marine Miocänschichten in großer Verbreitung. Von besonderer Wichtigkeit sind hier namentlich die Bildungen, welche von der Gegend von Sevilla tief in das Becken des Guadalquivir eindringen, die Wasserscheide überschreiten und so eine zusammenhängende Kette mariner Vorkommnisse darstellen, welche zeigen, daß das Mittelmeer der damaligen Zeit hier mit dem Atlantischen Ozeane in Verbindung stand, während die Straße von Gibraltar noch geschlossen war.

Wir gelangen so in das Gebiet des Mittelmeeres, welches damals allerdings bedeutend anders gestaltet war als heute. Längs dem östlichen Ufer Spaniens dehnte sich das Meer nach Norden aus, es trat in das Rhônebecken ein, wo es bedeutende Ausdehnung gewann, und erstreckte sich von da in einem ziemlich schmalen Kanale an dem West- und Nordrande der Alpen durch die Schweiz, einen Teil von Oberschwaben, das südliche Bayern, durch Salzburg, Ober- und Niederösterreich in die Gegend von Wien. Allerdings hatten damals die Alpen vermutlich noch nicht die Höhe erreicht, die sie heute besitzen, im Gegenteile fand die letzte und sehr bedeutende Aufrichtungsbewegung in diesem Gebirge erst zu Ende des untern Miocän statt, aber jedenfalls bildeten die Alpen schon eine sehr lang gestreckte und gebirgige Insel in dem damaligen Mittelmeere. In der Gegend von Wien mündete der enge, am Nordrande der Alpen hinziehende Kanal in ein weites Becken, und es findet gleichzeitig eine Teilung des Meeres durch eine neue, ähnlich der alpinen, langgestreckte Insel, durch die damals ebenfalls noch niedrigern Karpathen, statt. Eine Bucht erstreckte sich von da am Nordrande der Karpathen nach Mähren, scheint aber Galizien nicht zu erreichen, wenn auch ein endgültiges Urteil darüber noch nicht möglich ist; ein zweiter großer Arm tritt in das gewaltige pannonische Becken ein, das die ungarische Ebene, einen Teil der Steiermark und Krains, Kroatien und Slavonien umfaßt und mit Ausläufern nach dem nördlichsten Bosnien und nach Siebenbürgen eingreift. Nach Osten scheint sich das Meer in das untere Donaubecken nicht fortzusetzen, wenigstens sind hier noch keine unzweideutigen Beweise seiner Anwesenheit gefunden worden.

Wir kehren zum offenen Mittelmeere zurück; von Spanien und Südfrankreich dehnten sich seine Ablagerungen bis Algerien und Italien aus, dessen niedrigere Teile hauptsächlich aus miocänen Ablagerungen bestehen; auch Sizilien war fast ganz vom Meere bedeckt, während Malta vollständig aus miocänen Meeresbildungen aufgebaut ist. Auch an der Ostküste von Italien zog sich ein schmaler Meeresarm nach Norden, er breitete sich dann in der Poebene aus und griff mehrfach in die Thäler der Südalpen ein; dagegen war das Adriatische Meer größtenteils Festland, auf dem ebenso wie in Dalmatien, dem südlichen Bosnien und der Herzegowina kleine Süßwasserseen mit einer sehr eigentümlichen Schneckenfauna auftreten. Erst im Süden der Adria, in Albanien, erreicht das miocäne Meer die heutige Küste. Gegen Westen breitet sich dasselbe aus, wie marine Ablagerungen im südlichen Kleinasien und auf Cypern zeigen; doch dringen diese nicht in das Gebiet des Ägeischen Meeres vor, und es scheint auch, als ob zu Anfang der Miocänzeit an der Nordküste von Afrika sich keine marinen Sedimente gebildet hätten. Ebensowenig erreichen sie die syrische Küste, dagegen dringen sie im östlichen Kleinasien weit nach Norden,

fast bis an das Ufer des Schwarzen Meeres, Abich hat sie in großer Verbreitung in Armenien und Tietze in Persien nachgewiesen. Es zieht also hier eine große Bucht nach Osten, deren Abschluß wir noch nicht kennen, die aber nach dem Charakter der Fauna mit dem Indischen Ozeane nicht in Verbindung gestanden haben kann.

Wenn wir in dieser Weise nach dem heutigen Stande unsrer Kenntnis die Verbreitung des untermiocänen Meeres verfolgen, so können wir doch diese Ergebnisse noch nicht in allen Einzelheiten als durchaus sicher betrachten; die Unterscheidung von Ablagerungen des untern und obern Miocän ist in manchen Fällen mit Schwierigkeiten verbunden, und es ist daher sehr wohl möglich, daß mit der Zeit noch eine weitere Ausdehnung unsers Horizontes etwa in Galizien oder in andern Gegenden nachgewiesen werde.



Scutella von der Rücken- und Bauchseite. Unten ein Querbruch durch ein Exemplar mit den charakteristischen Kalkpfeilern. (Nach Desor.)

Die Ablagerungen des untern Miocän sind sehr mannigfaltiger Art; in der Gegend von Bordeaux, deren Vorkommnisse am frühsten erforscht wurden, sind namentlich an Meereskonchylien reiche Sandablagerungen, sogenannte Faluns, vorhanden, welche nach bekannten Fundorten als die Faluns von Saucats und Léognan bezeichnet werden; in Oberitalien gehören hierher die Serpentinsande von Turin und eine Reihe andrer Gebilde von sehr wechselnder Faciesentwickelung; als eine besondere Ausbildungsart der allertiefsten Miocänschichten treten in großer Verbreitung die sogenannten Schioschichten auf, meist sandige oder kalkige Ablagerungen, welche durch das Vorkommen gewisser Kammmuscheln und zahlreicher Seeigel, namentlich der seltsamen flachen Skutellen, ausgezeichnet sind (s. obenstehende Abbildung).

Ein sehr eigentümliches Vorkommen sind die Miocänablagerungen von Malta, welche die ganze Insel zusammensetzen und in fast vollständig horizontaler Schichtung auch die bedeutendsten, zu mehr als 200 m ansteigenden Höhen der Insel bilden; die Basis des Landes wird durch unteres, die höhern Teile durch oberes Miocän gebildet. Unter diesen Umständen sollte man natürlich erwarten, daß dieselben Schichten auch an der gegenüberliegenden Küste von Afrika in derselben Weise auftreten, man sollte denken, daß das Ufer

des Miocänmeeres etwa 200—300 m über dem heutigen Meeresspiegel dort zu finden sei. Allein das ist nicht der Fall, die miocänen Meeresbildungen erreichen die Küste von Tunis nicht, und es müssen also hier sehr bedeutende Veränderungen vorgegangen sein. In der That stellt Malta einen sogenannten **Horst** dar (s. Bd. I, S. 327), einen stehen gebliebenen Pfeiler des alten miocänen Meeresbodens, während alles umgebende Land an Spalten in die Tiefe niedergebrochen ist.

In den subalpinen Zonen der Schweiz und Bayerns finden wir unsern Horizont durch die ziemlich einförmige obere **Meeresmolasse** vertreten, erst in der Gegend von Wien finden sich wieder etwas mannigfaltigere Bildungen, und diese setzen sich von da nach Osten fort. Man hat diese Ablagerung mit dem Lokalnamen der **Horner Schichten** belegt, nach dem niederösterreichischen Städtchen **Horn**, in dessen Umgebung sie besonders entwickelt sind. Hier sind namentlich muschelreiche Sande von sehr verschiedener Ausbildung, je nachdem sich dieselben an einer flachen oder an einer steilen Küste oder in einiger Entfernung vom Strande abgesetzt haben. Einer flachen Küste entsprechen z. B. die Sande von Gaudernsdorf mit zahlreichen Tellinen, Scheidenmuscheln ꝛc., während die groben Sande und Bryozoenkalke von **Eggenburg** sich in brandendem Wasser gebildet haben und die Art ihrer Entstehung deutlich erkennen lassen; bei Eggenburg sieht man mächtige Granitwände, welche in der Miocänzeit das Ufer dieses Meeres ausmachten; noch haften an den geglätteten Felsen die Balanen oder Meereicheln (s. obenstehende Abbildung), die sich vor ungezählten Jahrtausenden hier mitten in der Brandung angesetzt hatten, und daneben liegen die durch dieses stark bewegte Wasser zusammengeschwemmten Sedimente.

Meereicheln oder Balanen; rechts ein ganzes Exemplar, links eine einzelne Kalkplatte; etwas vergrößert von innen.

Die Verbreitung des untern Miocän in der Umgebung von Wien ist eine sehr eigentümliche und wirft Licht auf die Vorgänge der Gebirgsbildung dieser Zeit. Wie bei einer frühern Gelegenheit eingehender besprochen wurde, bricht bei Wien die Alpenkette plötzlich ab, die Fortsetzung derselben gegen Osten ist in einem Kesselbruche in die Tiefe gesunken, und eine weite Bucht springt nach Süden bis an den Fuß des Semmeringpasses vor. Es ist das der sogenannte **inneralpine Teil des Wiener Beckens**, welcher mit mächtigen Tertiärbildungen erfüllt ist; allein während jüngere Schichten in großen Massen auftreten, fehlt das untere Miocän hier vollständig, es bleibt am Außenrande der Bucht, diese hat sich augenscheinlich erst nach Ablagerung jener Schichten gebildet, und wir können daher die Zeit der Entstehung des Wiener Kesselbruches sehr genau bestimmen. Er fand nämlich unmittelbar vor der Bildung des obern und nach Bildung des untern Miocän statt, und dasselbe scheint auch bei den andern Kesselbrüchen der Fall zu sein, welche die Ostflanke der Alpen in Steiermark ausranden (s. Bd. I, S. 323 u. 328).

Allein noch in einer andern Art und in weiterer Verbreitung sehen wir eine eigentümliche Beziehung zwischen den Ablagerungen des untern Miocän und dem Gebirgsbaue der **Alpen**. Wo dieselben dicht an das Gebirge heranrücken, sind sie aufgerichtet und gestört, wie das an zahlreichen Stellen zu sehen ist, während die obern Miocänschichten auch da, wo sie den Alpenrand unmittelbar berühren, noch in vollständig ungestörter Lagerung sind. Wir können daraus schließen, daß hier seit dem Ende des untern Miocän keine großen tektonischen Veränderungen mehr vor sich gegangen sind; zwar ist die Ruhe keine vollständige,

Digitized by Google

wie die zahlreichen Erdbeben in diesem Gebiete beweisen, aber die Alpen befinden sich seit der genannten Periode in einem Zustande relativen Stillstandes der Gebirgsbildung, von dem wir in keiner Weise sagen können, ob er ein endgültiger ist, oder ob er später wieder einer mit neuer Kraft beginnenden Bewegung weichen wird. Jedenfalls ist in den Alpen schon seit viel längerer Zeit Stillstand eingetreten als in andern nahe benachbarten Gegenden, unter denen beispielsweise in dem kleinen westslavonischen Gebirge nördlich von der Save bei Brod und Neugradisca nicht nur das obere Miocän, sondern auch noch jüngere Glieder des Tertiär, nämlich das untere und mittlere Pliocän, aufgerichtet sind. In weit großartigerm Maßstabe aber finden wir die Störung junger Ablagerungen im Kaukasus, wo jungmiocäne Marinbildungen durch die Aufstauung des Gebirges in ein Niveau von mehr als 2000 m über dem Meere gelangt sind. Wir sehen daraus, wie sehr auch bei so jungen Schichtgruppen in manchen Fällen die Verbreitung von dem heutigen Verlaufe der Kettengebirge unabhängig ist, und wie vorsichtig man bei der Beurteilung der Frage sein muß, ob eine solche Kette als ehemaliges Ufer des Meeres einer vergangenen Periode gelten darf.

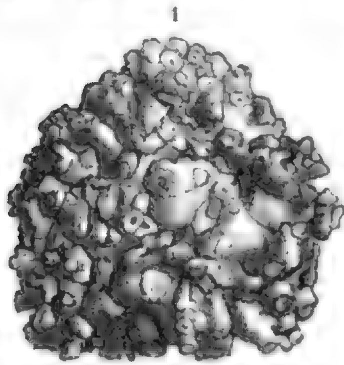
In den österreichischen Gebieten, mit Ausschluß der inneralpinen Niederung, kommt an vielen Orten an der Grenze zwischen dem untern und obern Miocän, und gleich dem erstern noch von der Aufrichtung der Alpen mit betroffen, eine eigentümliche Zwischenbildung vor, welche den Namen Schlier erhalten hat. Es sind das blaugraue, glimmerige, oft etwas sandige Thone oder Mergel, welche in gleichförmiger Entwickelung über große Strecken verbreitet sind; oft findet sich ein Gehalt an Gips, und an manchen Punkten entströmen diesen Thonen Salzquellen. Die Fauna ist meist eine sehr eintönige, sie enthält aber einige Formen, welche in anders entwickelten Miocänbildungen selten zu sein pflegen. So finden sich häufig die Schalen eines **Nautilus (Aturia Aturi)**, einige charakteristische Muscheln, wie **Pecten denudatus** und **Solenomya Doderleini**, und manchmal in großer Menge die kleinen Schalen aus der Klasse der Pteropoden (s. obenstehende Abbildung), den Schnecken verwandter, mit eigentümlichen Ruderflossen versehener Tierchen, welche auf hoher See schwimmend leben; endlich treten ziemlich verbreitet die Schuppen eines den Sardellen verwandten Fisches, der **Meletta sardinites**, auf. An einzelnen Stellen, z. B. bei Ottnang in Oberösterreich, enthält der Schlier eine etwas reichere Fauna, welche nach den Untersuchungen von R. Hörnes an diejenige der Pleurotomenthone erinnert und eine ziemlich bedeutende Zahl eigentümlicher Arten zeigt. Aus Niederösterreich setzen sich diese Schichten am Nordrande der Karpathen durch Mähren nach Galizien fort, wo die mächtig entwickelten Salzbildungen von Wieliczka, Bochnia, Kalusz rc. ihnen ebenso wie diejenigen der Moldau und Siebenbürgens zugerechnet werden.

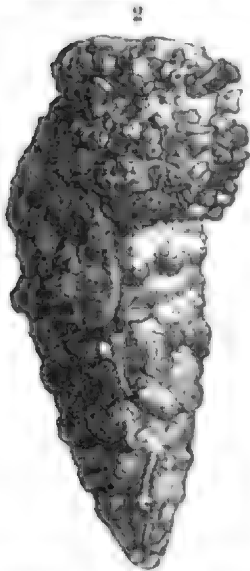
Pteropodenschale (Vaginella).

Die Bildungsweise des Schlier ist noch in mancher Richtung eine rätselhafte. Während **Nautilus** und die Pteropoden auf hohe See und tiefes Wasser als Ablagerungsort verweisen, spricht wieder der Gips- und Salzgehalt für das Vorhandensein eines wenigstens bis zu einem gewissen Grade eingeengten Binnenbeckens, in welchem das Wasser verdampfen und die in demselben enthaltenen Mineralbestandteile sich ausscheiden konnten. Auch sonst bietet der Schlier in seinen Beziehungen zu andern Tertiärablagerungen noch manche schwer erklärbare Erscheinungen, welche weiteres Studium erfordern; dasselbe ist um so notwendiger und wichtiger, als die Existenz ganz ähnlicher und wahrscheinlich gleichalteriger Bildungen auch in verschiedenen andern Gegenden besonders durch Th. Fuchs nachgewiesen worden ist, so in Italien vom Alpenrande bis nach Sizilien und auf Malta, ferner im südwestlichen Kleinasien; ja, es wird vermutet, daß auch die großartig entwickelte Gips- und Salzformation, die sich vom Kaukasus durch Armenien und Persien bis an die Grenze Indiens erstreckt, demselben Horizonte angehöre. Wohl ist nicht in allen Fällen für jedes

Lokalvorkommen die Zugehörigkeit streng nachgewiesen, und manches derselben mag nach Faciesmerkmalen irrigerweise hier eingereiht worden sein; der Hauptsache nach aber darf es als sicher gelten, daß in einem weiten Bezirke im südlichen und östlichen Europa und in einigen Nachbargebieten Asiens auf der Grenze zwischen unterm und oberm Miocän die eigentümlichen und gleichförmigen Schlierbildungen abgelagert worden sind.

Den Übergang zum obern Miocän und die Entwickelung des letztern lernen wir am besten an dem Beispiele des **Wiener Beckens** kennen. Nachdem sich durch Senkung die inneralpine Bucht gebildet hat, treten in derselben zunächst schwach entwickelte **Braunkohlenablagerungen** auf, welche nur an einigen randlich gelegenen Punkten größere Ausdehnung gewinnen und weiter im Süden, in **Steiermark**, noch stärkere Entwickelung zeigen. Dann folgen sowohl im inneralpinen Gebiete als außerhalb desselben marine Bildungen mit einer Mischfauna, in welcher unter- und obermiocäne Elemente sich annähernd das Gleichgewicht halten, die aber unter dem Namen der Schichten von **Grund** in der Regel noch dem obern Miocän angereiht werden. Dann folgen die typischen Glieder dieser Stufe mit der **zweiten Mediterranfauna** in außerordentlicher Mannigfaltigkeit und in so wechselnder Ausbildung, daß man lange Zeit hindurch eine größere Reihenfolge altersverschiedener Horizonte annehmen zu müssen glaubte. Erst allmählich überzeugte man sich, daß alle die so weit voneinander abweichenden Gebilde gleichzeitig seien. In brandendem, seichtem Wasser entstanden die Uferbildungen der **Leithakalke**, welche großenteils aus den Gerüsten **kalkabsondernder Algen**, der **Lithothamnien** oder **Nulliporen**, aufgebaut sind (s. nebenstehende Abbildung), stellenweise aber auch große Mengen von **Riffkorallen** enthalten. Große, dickschalige Seeigel (Clypeaster) und Mollusken finden sich hier vor, und ihre prächtigen Gehäuse müssen an Schönheit den Vorkommnissen der tropischen Riffe unsrer Tage nur wenig nachgegeben haben. Leider ist davon nur verhältnismäßig wenig erhalten, indem von den meisten Muscheln und Schnecken die Schalen aufgelöst sind und bloß die innere Ausfüllung derselben mit Gesteinsmasse, der sogenannte Steinkern, übriggeblieben ist; nur Austern, Kammmuscheln und einige wenige andre machen davon eine Ausnahme. Der Leithakalk ist der Baustein von Wien, der in zahlreichen Steinbrüchen gewonnen wird; wie Paris großenteils aus Foraminiferenschälchen, so ist Wien, soweit es sich um Bruchsteine handelt, aus den Gerüsten von Kalkalgen aufgeführt.





Kalkabsondernde Alge (Lithothamnium). 1. Ein Lithothamnienknollen. — 2. Schneckengehäuse (Cerithium vulgatum), von Lithothamnium überrindet.

Während der Leithakalk eine Randbildung darstellt, lagerte sich in den tiefen Stellen ein sehr mächtiger blaugrauer Thon ab, außerordentlich versteinerungsreich, mit zahllosen kleinen und mittelgroßen Schneckengehäusen, mit wenigen Muscheln und Einzelkorallen, in welchem namentlich die Gattung Pleurotoma, nächstdem Fusus, Natica, Nassa ꝛc. eine hervorragende Rolle spielen; es ist der reinste Typus der Entwickelungsart der Pleurotomenthone. Dieser **Badener Tegel**, wie die Lokalbezeichnung lautet, hat wohl unter allen Vorkommnissen des Wiener Beckens die größte Verbreitung, und seine Fossilien sind in Menge fast in allen Versteinerungssammlungen verbreitet.

Neben diesen beiden wichtigsten Gliedern kommen noch zahlreiche andre Gebilde im obern Miocän des Wiener Beckens vor, so die Sande von Pötzleinsdorf, die Mergel von Gainfahrn und eine Anzahl andrer, welche von geringerer Bedeutung sind.

Auch in andern Gegenden zeigen die obermiocänen Marinbildungen mit denjenigen des Wiener Beckens viele Übereinstimmung; Pleurotomenthone, denjenigen von Baden sehr ähnlich, sind im obern und mittlern Italien sehr verbreitet, wo sie als die Stufe von Tortona oder als Tortonien bekannt sind; Lithothamnienkalke nach Art der Leithakalke treten auf Sizilien, Malta, Corsica und Sardinien auf, und auch sonst zeigen sich vielfach wichtige Analogien.

In der Verteilung von Wasser und Land weicht das obere vom untern Miocän in vielfacher Beziehung ab; an der atlantischen Küste erlangt das Meer größere Ausdehnung, indem es nun weit in das Loirebecken eintritt, wo eine Anzahl kleiner Erosionsreste von fossilreichen Sanden, die Faluns der Touraine, seine ehemalige Anwesenheit bezeugen; in der Gegend von Bordeaux vertreten die Faluns von Salles unsre Stufe und liegen regelmäßig über den ältern Schichten von Saucats und Léognan. Im Mittelmeergebiete sind die Unterschiede weit größer; das obere Miocän bringt zwar in die Rhônebucht vor, aber es nimmt nicht mehr jene langgestreckte Enge ein, welche sich von da dem Nordrande der Alpen entlang bis in die Gegend von Wien ausdehnte; auf dieser ganzen Strecke ist noch nie eine Spur von Ablagerungen dieses Alters entdeckt worden. An ihrer Stelle treten hier vielfach Binnenablagerungen auf, die obere Süßwassermolasse, in deren Bereich unter andern auch die berühmten Vorkommnisse von Önigen bei Konstanz mit ihren zahlreichen Pflanzen- und Insektenresten gehören; die Meeresbildungen von Wien, in Steiermark und der ungarischen Niederung stehen auf diesem Wege mit dem übrigen Meere nicht mehr in Verbindung.

Sehen wir hier eine Einengung der Wasserbedeckung, so ist nach andrer Richtung ein sehr bedeutendes Übergreifen zu bemerken; die zweite Mediterranstufe gewinnt nach Nordosten mächtig an Verbreitung, sie bringt den Karpathen entlang nach Galizien vor, sie erstreckt sich in einem Ausläufer bis nach Preußisch-Schlesien und anderseits durch Podolien, die Bukowina und die Moldau nach Südrußland, wo namentlich durch Andrussow deren Vorkommen bis an die Ufer des Asowschen Meeres nachgewiesen ist. Sie erreichen aber nirgends die Südküste des Schwarzen Meeres, dieses Becken existierte damals noch nicht, es ist, ebenso wie das Ägeische Meer, erst in weit späterer Zeit durch Einbruch entstanden.

Auch im ungarischen Becken finden wir eine bedeutendere Ausdehnung des Wassers; bei Belgrad sind marine Schichten des obern Miocän vorhanden, sie bringen von da im Moravathale ins Innere von Serbien, und auch nach Osten können wir sie bis nach Bulgarien verfolgen, wo sie bei Plewna anstehen und den Boden des Schlachtfeldes aus dem russisch-türkischen Kriege vom Jahre 1878 bilden.

Wenn wir nun diese große, zusammenhängende Wasserfläche betrachten, die sich, allerdings von großen Inseln unterbrochen, von Wien bis Kertsch und von Oberschlesien bis ins Innere von Serbien erstreckt, so sehen wir, daß dieselbe dem heutigen Stande der Erfahrungen zufolge nach allen Seiten isoliert ist, daß wir nirgends einen Zusammenhang mit andern Meeren nachweisen können. Allein nach allen Anhaltspunkten, die wir für die Beurteilung solcher Fragen besitzen, kann diese Abgeschlossenheit nur eine scheinbare und muß an irgend einer Stelle eine Verbindung mit dem im Süden gelegenen Meere vorhanden gewesen sein. Ein so reiches marines Tierleben, wie wir es in der zweiten Mediterranfauna namentlich in der Umgebung von Wien und im ungarischen Becken finden, eine Fauna, die allein über 1000 Meereskonchylien, eine Menge von Korallen,

Seeigeln, Bryozoen, Foraminiferen beherbergt, kann unmöglich in einem ganz abgeschlossenen Binnensee gelebt haben. Denn der Salzgehalt bleibt in einem solchen nie auf dem für das Gedeihen der Tiere günstigsten Stande, sondern das Wasser wird, wenn ein Abfluß fehlt, infolge der Zufuhr von gelösten Stoffen durch die Flüsse versalzen oder, wenn ein Abfluß vorhanden ist, durch das zuströmende süße Wasser ausgesüßt, die Strömungen werden vermindert, kurzum, es kann nie auf geraume Zeit reiches marines Tierleben in einem Becken bestehen, welches keine Verbindung mit dem offenen Meere besitzt. Aber die große Schwierigkeit ist nun, zu bestimmen, wo eine Straße nach außen führte. Daß die alte Meerenge am Nordrande der Alpen nicht mehr vorhanden war, geht nicht nur aus dem Fehlen mariner Obermiocänbildungen auf der ganzen Strecke vom Rhônethale bis Wien, sondern mit noch größerer Bestimmtheit aus dem Vorhandensein von Süßwasserbildungen dieses Alters auf der genannten Strecke hervor; eine zweite Linie, an welche gedacht werden könnte, ist die aus dem südwestlichen Teile des ungarisch-steirischen Beckens nach dem Adriatischen Meere, allein hier ist eine breite Gebirgszone zwischen den miocänen Meeresablagerungen und der Adria, deren östlicher Teil überdies damals Festland war; hier kann man wohl mit Bestimmtheit behaupten, daß keine Aufrichtung in nachmiocäner Zeit mehr stattgefunden hat, welche die Spuren der ehemaligen Meeresstraße verwischt hätte, und so muß auch das Vorhandensein einer solchen an dieser Stelle als unwahrscheinlich bezeichnet werden. Es bleiben nur zwei Möglichkeiten; die eine ist, daß aus Serbien durch das Moravathal eine Verbindung nach Albanien und zu den an der Küste dieses Landes anstehenden Miocänablagerungen ging, die andre, daß aus Südrußland eine Kommunikation nach Armenien führte, dessen Marinbildungen vermutlich damals noch wie zur Zeit der ersten Mediterranstufe durch Kleinasien mit dem offenen Mittelmeere zusammenhingen. Beide Annahmen sind noch ganz hypothetisch, aber wir können kaum daran zweifeln, daß die eine oder die andre richtig sei, wenn auch auf beiden Auswegen heute bedeutende Gebirge vorhanden sind.

Wenden wir uns zu dem eigentlichen Mittelmeerbecken im heutigen Sinne, so finden wir, daß das obere Miocän in mariner Entwickelung so ziemlich alle die Gegenden bedeckt, in welchen wir das Vorhandensein des untern Miocän kennen gelernt haben. Ob aus dem südöstlichen Kleinasien, wo in der Nähe von Tarsos in Kilikien unsre Schichten noch ausgezeichnet entwickelt sind, eine Fortsetzung bis Armenien vorhanden ist, läßt sich noch nicht mit voller Sicherheit entscheiden, da die Ablagerungen im Innern von Kleinasien noch nicht hinreichend untersucht sind, um zwischen unterm und oberm Miocän zu unterscheiden, doch ist es in hohem Grade wahrscheinlich, daß eine derartige Ausbreitung stattfand; dagegen sind aus Persien bestimmt nur Bildungen des untern Miocän bekannt.

Endlich bleibt zu erwähnen, daß Marinablagerungen, welche mit den sogenannten Grunder Schichten, dem tiefsten Horizonte des obern Miocän, in Parallele gebracht werden, im nordöstlichsten Afrika in großer Verbreitung auftreten; die wichtigsten Fundpunkte liegen in der Libyschen Wüste, in der Oase Siuah, in welcher im Altertume sich das berühmte Heiligtum des Jupiter Ammon befand, ferner an den Höhen, welche den Isthmus von Suez einsäumen. Hier treten diese Ablagerungen in das heutige Gebiet des Roten Meeres ein, dessen tiefe Einsenkung aber damals noch nicht vorhanden war, und so fand denn auch hier keine oder nur eine sehr geringe und vorübergehende Berührung mit dem Indischen Ozeane statt; es geht das auch aus dem Charakter der Fossilien in den nordafrikanischen Miocänablagerungen hervor, welche durchaus mediterranen Charakter zeigen, mit Ausnahme einer einzigen Art, einer Muschel (Carolia) aus der Verwandtschaft der Gattung Placuna, welch letztere heute nur im Indischen und Pazifischen Ozeane auftritt.

Die sarmatischen Ablagerungen.

Während sich die marine Miocänfauna im Gebiete des jetzigen Mittelmeeres und des Atlantischen Ozeanes in normaler Weise entwickelt, finden in dem großen osteuropäischen Binnenmeere, welches die Wiener Bucht, das pannonische Becken und seine Anhängsel, ferner die Vorkommnisse am Nordrande der Karpathen, an der untern Donau und dem Schwarzen Meere umfaßt, großartige Veränderungen der eigentümlichsten Art statt. In einem weiten Raume, der sich von Wien bis an das östliche Ufer des Aralsees verfolgen läßt, treten Ablagerungen des obersten Miocän mit einer armen und fremdartigen Fauna auf, welche man nach dem Vorgange von Sueß als die sarmatische Stufe bezeichnet. Es sind das thonige, kalkige oder sandige Schichten, deren Konchylien zwar vorwiegend marinen Typen angehören, neben denen sich aber in weiter Verbreitung einige Formen finden, namentlich Angehörige der Gattung Hydrobia, die in süßem oder brackischem, aber nicht in stark gesalzenem Wasser vorkommen. In dem Habitus der Fauna finden wir Ähnlichkeit mit derjenigen, welche heute im Schwarzen Meere lebt, aber diese Ähnlichkeit beruht nicht auf wirklicher naher Verwandtschaft der meisten Typen, sondern nur auf einer durch übereinstimmende äußere Lebensbedingungen beruhenden Analogie; wir werden uns daher das sarmatische Becken als ein geschlossenes Binnenmeer denken müssen, das mit dem offenen Ozeane nur in sehr beschränkter Verbindung stand, infolge der Einmündung großer Ströme etwas geringern Salzgehalt hatte und darin wahrscheinlich noch hinter dem Schwarzen Meere, wie es jetzt ist, zurückblieb.

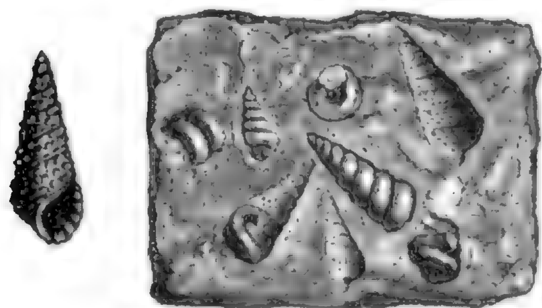
Das sarmatische Meer reichte im Westen bis Wien und breitete sich von da durch Ungarn und das Becken der untern Donau aus, es bedeckte einen großen Teil von Südrußland, das Areal des Schwarzen Meeres und erstreckte sich nach Süden bis ins Gebiet des Ägeischen Meeres, wo bei Troja und auf der Halbinsel Chalkidike die äußersten Ablagerungen vorhanden sind. Die südlichern Teile des Archipels erreichte dasselbe nicht, hier treten an vielen Punkten Süßwasserbildungen dieses Alters auf, und ebensowenig kommen in den Küstenländern des offenen Mittelmeeres sarmatische Ablagerungen vor, wie man eine Zeitlang geglaubt hat. Vom Schwarzen Meere aus verbreiten sich die sarmatischen Bildungen in die kaspische Region und in den Kaukasus, wo sie nach Abich bis zu mehr als 2000 m Meereshöhe ansteigen, und setzen sich noch weiter östlich über den Aralsee fort, an dessen westlichem Ufer die östlichsten Vorkommnisse auf dem Usturt-Plateau durch Barbot de Marny nachgewiesen wurden. Aller Wahrscheinlichkeit nach dehnt sich das Gebiet der sarmatischen Schichten noch weiter gegen Osten aus, doch haben die bisherigen Untersuchungen deren Vorkommen dort noch nicht nachgewiesen. Übrigens ist die heute festgestellte Ausdehnung des sarmatischen Beckens schon eine sehr bedeutende und kommt derjenigen des jetzigen Mittelländischen Meeres etwa gleich.

Läßt sich an Größe und abgeschlossener Lage eine Parallele mit dem jetzigen Mittelmeere durchführen, so ist dafür in der Bevölkerung der Unterschied ein ganz außerordentlicher. Während das Mittelmeer durch großen Formenreichtum ausgezeichnet ist und die angrenzenden Gebiete des Atlantischen Ozeanes entschieden übertrifft, ist die sarmatische Fauna, was Mannigfaltigkeit und Größe der Tiere anlangt, eine sehr ärmliche, und nur die ungeheure Häufigkeit der einzelnen Arten bietet einigen Ersatz für diese Dürftigkeit. Cephalopoden, Brachiopoden, Echinodermen, Korallen fehlen ganz, und auch in den vertretenen Klassen der niedern Tiere macht sich eine auffallende Eintönigkeit und Ärmlichkeit geltend; unter den Muscheln und Schnecken finden sich keine großen Formen und namentlich keine der Gattungen, welche jetzt in wärmern Meeren leben, wie Conus, Oliva, Voluta, Mitra, Terebra, Cypraea, Tritonium, Spondylus 2c., und auch diejenigen Gattungen,

welche vorhanden sind, werden meist durch kleine und unscheinbare Arten vertreten, welche teilweise in ganz überraschender Variabilität und in ungeheurer Häufigkeit vorkommen. Außer den Schaltieren finden sich stellenweise viele Bryozoen, ferner spärliche Foraminiferen und einige andre wenig in die Augen fallende Typen.

Im auffallenden Kontraste zu dieser dürftigen Ausstattung mit wirbellosen Tieren steht die starke Entwickelung mariner Wirbeltiere: zahlreich sind Fische und Schildkröten, vor allem aber ist ein Element sehr stark vertreten, das in den mediterranen Meeresbildungen nur schwach repräsentiert ist, nämlich die marinen Säugetiere. Seehunde, zahlreiche Delphine, kleine Bartenwale und eine eigentümliche kleine Form von Seekühen, Pachyacanthus, gibt es in großer Zahl; die in sarmatischem Thone angelegten Ziegelgruben von Nußdorf und Hernals bei Wien haben ausgezeichnete Reste solcher Tiere geliefert, ebenso noch viele Punkte in Rumänien, Südrußland und in der Umgebung von Troja.

Es ist eine außerordentlich tief greifende Veränderung der Meeresbewohner, die wir hier wahrnehmen, aber merkwürdigerweise geht mit derselben keinerlei Umgestaltung der Landsäugetiere Hand in Hand. An vielen Stellen hat man Reste solcher in sarmatischen Schichten eingeschwemmt gefunden, es sind aber genau dieselben Formen, welche in den ältern Miocänbildungen auftreten; Mastodon angustidens, Listriodon splendens, Anchitherium Aurelianense sind auch hier die bezeichnendsten Formen.



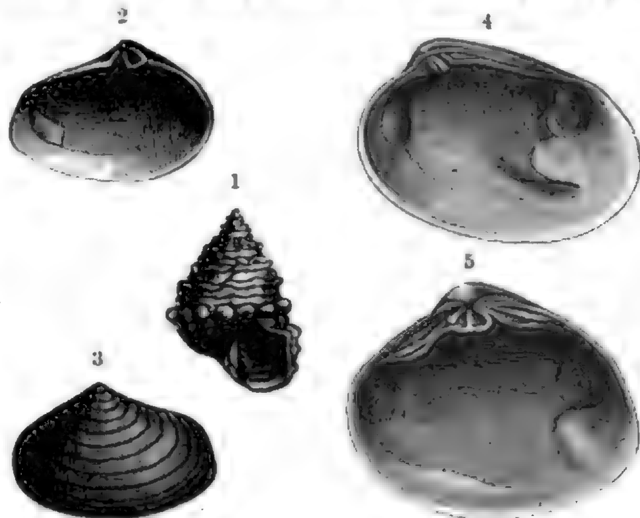
Cerithium rubiginosum, aus sarmatischen Schichten; links ein gut erhaltenes Exemplar, rechts ein Stück Kalk mit Abdrücken und Steinkernen.

Wenn wir es versuchen wollen, uns über den Ursprung der eigentümlichen und, wenigstens was die wirbellosen Tiere anlangt, stark verarmten Fauna der sarmatischen Stufe Rechenschaft zu geben, so finden wir bald, daß in derselben zweierlei verschiedene Elemente unterschieden werden können. Im westlichen Teile ihres Verbreitungsgebietes liegen die sarmatischen Schichten regelmäßig auf mediterranen Ablagerungen, im Osten aber erstrecken sie sich viel weiter als diese, und sie liegen im größten Teile von Südrußland und der westasiatischen Fundorte ungleichmäßig und übergreifend auf altem Gebirge. Wenn wir nun die Fossilien dieser verschiedenen Gegenden miteinander vergleichen, so zeigt sich ein ziemlich bedeutender Kontrast; im Westen nehmen die sarmatischen Schichten eine Zahl von Arten aus den tiefer liegenden mediterranen Ablagerungen auf, namentlich kleine Schnecken aus den Gattungen Murex, Pleurotoma, Cerithium und einigen andern, und neben ihnen kommen Formen vor, welche mediterranen so nahe stehen, daß sie ohne Zweifel als wenig abgeänderte Nachkommen solcher betrachtet werden müssen. Besonders häufig sind hier die Cerithien, namentlich Cerithium pictum und C. rubiginosum (s. obenstehende Abbildung), welche in den Umgebungen von Wien zu Millionen in den sarmatischen Ablagerungen, stellenweise aber auch schon in ältern sehr häufig auftreten. Schreitet man jedoch nach Osten vor, in die pontische Region, nach Rußland und in die kaspischen Gegenden, so werden diese offenbaren Überbleibsel der mediterranen Bevölkerung, diese Relikten, immer seltener, und in den östlichsten Lokalitäten scheinen sie nach den bisherigen Angaben ganz zu fehlen.

Hier im Osten herrschen durchaus andre Formen vor als in den mediterranen Schichten, welche auch nicht mit Wahrscheinlichkeit als abgeänderte Nachkommen bisher bekannter mediterraner Arten gelten können; hierher gehören mehrere Arten der Gattungen Trochus, Nassa, Phasianella 2c., ferner einige Muscheln, unter welchen Mactra podolica, Ervilia

podolica, Tapes gregaria als die bezeichnendsten gelten können (s. untenstehende Abbildung). Viele dieser Arten erstrecken sich auch nach Westen und mischen sich hier mit den mediterranen Elementen. Auch die zahlreichen Seesäugetiere, die Seehunde, Bartenwale, Delphine, müssen in diese Kategorie gerechnet werden.

Das Gesagte läßt sich dahin zusammenfassen, daß wir in der sarmatischen Fauna zweierlei Elemente unterscheiden können: das eine, das aus dem mediterranen Meere sich erhalten hat, und dessen Verbreitung sich ganz vorwiegend im Westen des sarmatischen Beckens befindet, und ein zweites von noch unbekanntem Ursprunge, das im Osten seine Hauptentwickelung zeigt. Die Herkunft dieses östlichen Bestandteiles, die Fauna der Mactra podolica, wie wir sie nennen wollen, hat nun zu sehr vielen Diskussionen Anlaß gegeben; einerseits wurde die Ansicht geäußert, daß auch diese Formen nur einen Überrest der mediterranen Miocänfauna darstellen, aber in dieser nur noch nicht oder nur überaus selten gefunden worden sind, weil an allen bekannten Fundorten die Faciesverhältnisse ihrem Fortkommen ungünstig waren. Dieselben wären erst in der sarmatischen Stufe häufig geworden, in welcher die Lebensbedingungen ihrer Vermehrung in hohem Grade förderlich waren. Die Thatsachen sind jedoch einer solchen Annahme wenig günstig; der Versuch, Mactra podolica und einige ihrer charakteristischsten Begleiter als seltene Vorläufer schon in den mediterranen Ablagerungen nachzuweisen, ist nicht gelungen. Daß auch an manchen Punkten zur mediterranen Zeit im Wiener Becken ähnliche Verhältnisse herrschten wie später, beweist das Auftreten von ältern Bänken mit massenhaften Exemplaren von Cerithium rubiginosum und C. pictum, aber nirgends treten Mactra podolica und ihre Begleiter in demselben auf; ebenso ist mit der genannten Annahme kaum vereinbar, daß die Hauptentwickelung der Maktrenfauna im Osten gelegen ist.



Sarmatische Konchylien: 1. Trochus podolicus. — 2., 3 Ervilia podolica, von außen und innen. — 4. Tapes gregaria, von innen. — 5. Mactra podolica, von innen. (Nach M. Hörnes.)

Unter diesen Umständen müssen wir wohl annehmen, daß eine Einwanderung aus einem andern Bildungsraume in das sarmatische Becken stattgefunden habe; woher sie aber stammt, das ist heute noch ein ungelöstes Rätsel. Die Vermutung, daß sich vom Aralsee aus durch Sibirien eine Verbindung mit dem Nördlichen Eismeere eröffnet habe, daß also nordische Gäste auftreten, hat sich nicht bestätigt. Man hat auch an eine zeitweilige Kommunikation mit dem Indischen Ozeane gedacht, und diese Hypothese ist jedenfalls nicht ohne weiteres zu verwerfen; es muß aber auch die Möglichkeit berücksichtigt werden, daß in Vorderasien eine Bucht des mediterranen Miocänmeeres existiert habe, deren Ablagerungen wir bisher noch nicht kennen, und daß die Lokalfauna dieser Bucht den Ausgangspunkt für die Fauna der Mactra podolica gebildet habe. Jedenfalls ist für heute die Herkunft eines großen Teiles der sarmatischen Fauna ziemlich rätselhaft, wie denn die ganze Erscheinung der Bevölkerung dieses Binnenmeeres eine höchst eigentümliche ist. Mit Ausnahme weniger Foraminiferenarten und vielleicht einzelner der Süßwasserkonchylien scheinen alle Arten der sarmatischen Fauna ausgestorben zu sein und auch keine abgeänderte Nachkommenschaft in den Meeren späterer Zeit hinterlassen zu haben, während allerdings manche der Brackwasserformen des bald zu besprechenden Pontischen Sees sich mit großer Wahrscheinlichkeit

auf sarmatische Typen zurückführen lassen. Die Meeresfauna aber ist verschwunden, und wer nach dem Prozentverhältnisse der noch lebenden Formen das Alter der sarmatischen Schichten bestimmen wollte, müßte sie gewiß dem Eocän einverleiben.

Wir müssen weit in der Erdgeschichte zurückgehen, um ein Analogon für die sarmatischen Vorkommnisse zu finden; weder aus dem übrigen Tertiär noch aus Kreide oder Jura kennen wir ein Beispiel eines derartigen Binnenbeckens mit mariner Fauna, in welcher Muscheln und Schnecken stark die Oberhand haben, in welcher eine geringe Artenzahl mit unzählbaren Individuen auftritt, und die sich von den gleichzeitigen Bildungen des offenen Meeres in so radikaler Weise unterscheidet. Erst in der Trias zeigt der Hauptmuschelkalk und im Perm der Zechstein Deutschlands ähnliche Zustände, wie das von Th. Fuchs hervorgehoben worden ist.

Die Gegend zwischen Wien und dem Aralsee bildet zu Ende der Miocänzeit eine Welt für sich, und dieses Verhältnis erhält sich auch noch später längere Zeit hindurch, wenn es auch keine marine Fauna mehr ist, welche dieses gewaltige Becken beherbergt. So auffallend daher auch die Eigentümlichkeiten der sarmatischen Ablagerungen in Verbreitung und Fauna sind, so stellen sie uns doch nur eine rein lokale Episode in der Entwickelung des obersten Miocän dar, ohne allgemeine Bedeutung für die Gestaltung des Lebens auf Erden. Außerhalb des Beckens, in welchem diese fremdartigen Gebilde entstanden, hatte die Fortbildung der Organismen ungestört ihren gleichmäßigen Verlauf.

Das untere Pliocän (pontische Stufe).

Mit dem Schlusse der miocänen Zeit treten außerordentlich große Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land ein; in allen Gegenden Europas, die bis dahin vom Meere überflutet waren, findet ein allgemeiner Rückzug des Meeres statt, überall zeigen sich nur Binnenablagerungen, teilweise von außerordentlicher Ausdehnung und Mächtigkeit, und wir stehen vor der in der ganzen Erdgeschichte einzigen Erscheinung, daß, von vereinzelten noch unsichern und jedenfalls sehr schwachen Spuren abgesehen, nirgends eine Meeresbildung dieses Zeitraumes vorhanden ist. Allerdings müssen wir berücksichtigen, daß wir noch nicht im stande sind, junge Tertiärablagerungen von sehr weit voneinander entlegenen Punkten genau untereinander zu parallelisieren; wir können den Nachweis des Fehlens entsprechender Marinsedimente nur für Europa, Nordafrika und das westliche Asien führen, und es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß solche anderwärts vorhanden sind, aber selbst in dieser Einschränkung bleibt die Thatsache im höchsten Grade auffallend und geradezu beispiellos. Wir können uns keine andre Deutung für dieselbe denken, als daß damals in unsern Regionen eine ausgezeichnete Kontinentalperiode eintrat, in welcher der Meeresspiegel tiefer stand als heute, und daß seither keine hinreichende Bewegung der gebirgsbildenden Kräfte stattfand, um marine Schichten dieses Alters über die Oberfläche des Meeres emporzustauen. Die Meeresbecken blieben natürlich während dieser Zeit annähernd dieselben wie vorher, nur einzelne Gebiete wurden damals vom Ozeane endgültig abgetrennt und nicht wieder von demselben erreicht.

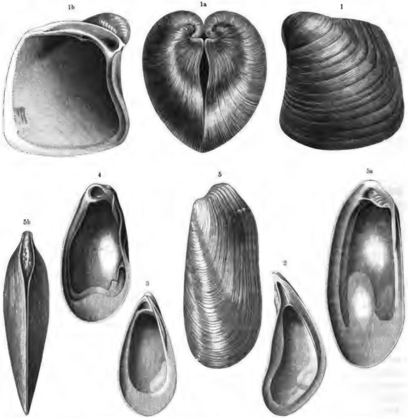
Die Ablagerungen, welche sich während dieser Kontinentalperiode gebildet haben, werden in der Regel als die pontische Stufe zusammengefaßt, und man hat sehr viel über die Frage diskutiert, ob dieselben besser dem Miocän oder dem Pliocän zugeteilt werden sollen; doch ist das eine Sache, welche an sich vollständig gleichgültig ist. Die Unterschiede zwischen Miocän und Pliocän sind lediglich auf die Marinfauna gegründet; die jüngern Meeresbildungen von Wien, Tortona in Italien, Bordeaux und der Touraine stellen

das obere Miocän dar, die Schichten von Asti in Piemont, die „Subapenninbildungen“, und der ältere Crag von England bilden den Typus des untern Pliocän nach der ursprünglichen Auffassung. Die pontische Stufe schiebt sich zwischen beide ein, sie hat keine Marinfauna geliefert, und ihre Binnenbevölkerung zeigt ebensoviel oder ebensowenig Verwandtschaft nach oben wie nach unten, und man kann sie daher ebensogut miocän wie pliocän nennen; ja, es hat sich bei manchen Autoren der zwar unbeholfene, aber das Wesen richtig bezeichnende Ausdruck miopliocäne Schichten für dieselben eingestellt. In neuerer Zeit scheint die Mehrzahl der Geologen geneigt, die pontische Stufe dem Pliocän einzuverleiben, und so mag dies denn auch hier geschehen.

Die bezeichnendsten Vorkommnisse der pontischen Stufe sind die Säugetiere. Es tritt hier eine selbständige Fauna auf, die Hippotherien- oder Pikermifauna, welche zwar einzelne Formen mit jüngern und ältern Ablagerungen gemein hat, im allgemeinen aber in hohem Grade charakteristisch ist. Der erste Fundort, welcher diese Fauna des Mastodon longirostris geliefert hat, ist Eppelsheim bei Mainz; später wurde dieselbe von zahlreichen andern Punkten bekannt, von Concud in Spanien, vom Mont Léberon im südlichen Frankreich, von zahlreichen Punkten Süddeutschlands und der Schweiz, ferner aus Österreich, aus Ungarn, Italien, von Pikermi in Griechenland, aus der Gegend von Troja in Kleinasien und bei Maraga in Persien, und endlich gehört auch ein Teil der Fauna der Sivalikbildungen Indiens hierher. Es ist das der Abschnitt der Tertiärzeit, in welcher das Säugetierleben auf dem europäisch-asiatischen Kontinente die größte Fülle entwickelt. Weitaus das häufigste Tier war damals das früher genannte Hippotherium, ein Vorfahr unsers Pferdes, kleiner und leichter gebaut als dieses; in zahllosen Herden muß dasselbe Europa und Asien damals bewohnt haben, und in kaum geringerer Menge gesellen sich dazu an sehr vielen Punkten verschiedene Antilopen, unter welchen Gazellen vorwiegen; diese häufigsten Formen waren, nach den Lebensgewohnheiten ihrer jetzt lebenden Verwandten zu urteilen, wahrscheinlich Bewohner weiter Steppen, und solche scheinen damals sehr große Strecken eingenommen zu haben. An manchen Punkten jedoch herrscht eine etwas verschiedene Zusammensetzung der Fauna; so treten bei Eppelsheim statt der Antilopen Hirsche, also Waldtiere, auf, und danach scheint das mittelrheinische Gebiet einen andern Vegetationscharakter besessen zu haben. Zu diesen häufigsten Formen gesellen sich Giraffen und das große, diesen verwandte Helladotherium, ein großes Schwein (Sus erymanthius), mehrere Rhinozerosse und unter ihnen auch ein Vertreter der ungehörnten Gattung Aceratherium, endlich der Tapir und das tapirähnliche Chalicotherium als Vertreter der Hustiere im engern Sinne. Von Rüsseltieren sind die Dinotherien hier sehr verbreitet und erreichen bedeutendere Größe als im Miocän, während die Gattung Mastodon namentlich durch den riesigen Mastodon longirostris vertreten ist; es sind das zwei Tierformen, welche den größten Elefanten der Jetztwelt an Masse übertreffen. Dazu gesellte sich als ein weiterer Koloß das überaus seltene Ancylotherium, ein Edentat, der mit dem südafrikanischen Erdferkel am nächsten verwandt gewesen sein soll. Neben diesen Pflanzenfressern findet sich eine Menge von Raubtieren, welche jenen nachstellten, der furchtbare Machairodus mit seinen enormen dolchförmigen Eckzähnen, eine pantherähnliche Katze, Hyänen, die Iktitherien, welche zwischen Zibetkatzen und Hyänen in der Mitte stehen; endlich findet sich noch eine Reihe andrer, minder wichtiger Formen, unter welchen Biber, Stachelschweine und Affen (Mesopithecus), welche sich den Schlankaffen am innigsten anschließen, genannt werden mögen. Dazu gesellten sich in Indien noch die gewaltigen Sivatherien und ihre Verwandten, verschiedene Mastodonten rc.

Man hat gefunden, daß diese Fauna einen entschieden afrikanischen Charakter an sich trägt, und in der That erinnern einige der Antilopen, namentlich Palaeoryx und

Palaeoreas, ferner die Giraffe und wohl auch Ancylotherium an die heutigen Typen der äthiopischen Region; der Schluß jedoch, daß Europa damals mit Nordafrika in Verbindung gestanden habe, ist zum mindesten unbewiesen. Es existierte zur Zeit der pontischen Stufe eine annähernd gleichartige Säugetierfauna vom Atlantischen Ozeane durch ganz Europa und den größten Teil Asiens bis nach Indien und vielleicht bis China; ob dieselbe da-



Pontische Kongerien, zum Teil in verschiedenen Stellungen: 1. Congeria subglobosa. — 2. Congeria spatulata. — 3. Congeria Czizeki. (Nach M. Hörnes.) — 4. Dreissenomya aperta. — 5. Dreissenomya Schröckingeri. (Nach Th. Fuchs.) Vgl. Text, S. 529.

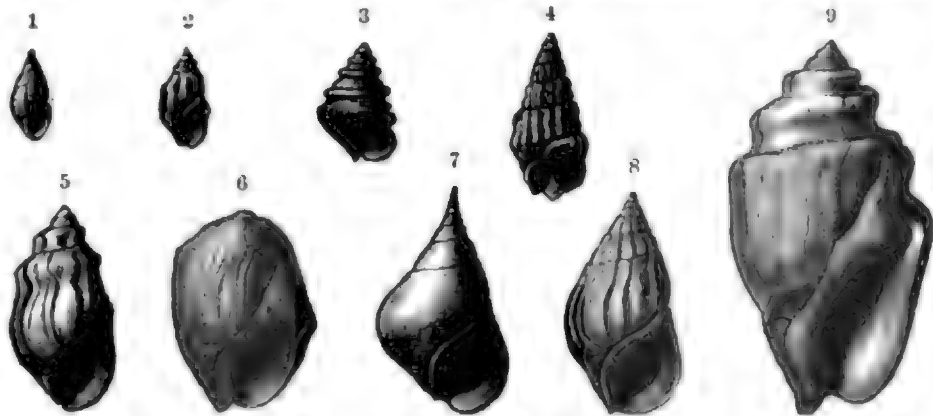
mals auch in der äthiopischen Region existierte, wissen wir nicht; jedenfalls aber konnte eine Besiedelung Afrikas von Osten her über Persien, Syrien, Arabien und das Gebiet des damals noch nicht vorhandenen Roten Meeres erfolgen, und die Annahme einer Verbindung zwischen Afrika und Europa ist daher überflüssig.

Von niedern Tieren kennen wir aus der pontischen Stufe namentlich Muscheln und Schnecken des süßen oder schwach gesalzenen Wassers, welche vielleicht noch eigenartiger sind als die Landsäugetiere, die wir eben besprochen haben; den Hauptsitz dieser Formen

Digitized by Google

bieten gewaltige Seen, die sich um diese Zeit im östlichen Europa und im westlichen Asien entwickeln. Das große sarmatische Becken, welches sich zu Ende der Miocänzeit aus der Gegend von Wien der Donau entlang und am Nordrande der Karpathen hin über das heutige Schwarze Meer und Südrußland bis zum östlichen Ufer des Aralsees erstreckte, und mit dem offenen Ozeane an einer noch nicht ermittelten Stelle in beschränkter Verbindung stand, wurde zu Anfang der pontischen Zeit von dieser Verbindung ganz losgetrennt, und nach mannigfachen Schwankungen entstanden auf demselben Areale einige große Seen, welche durch einmündende Flüsse stark, aber nicht vollständig ausgesüßt wurden.

Es ist nicht möglich, den Umfang und die Begrenzung dieser Seen heute genau anzugeben; den westlichsten Rand derselben wie des sarmatischen Meeres bezeichnet die Lage der Stadt **Wien**, von da aus verbreiteten sie sich durch die **ungarische** Ebene, die **Saveniederung**, **Siebenbürgen**, das **Banat**, **Rumänien** und die Umgebung des **Schwarzen** und **Kaspischen Meeres**.

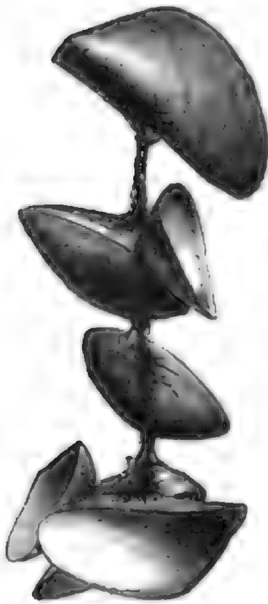


Miocäne und pliocäne Melanopsiden: 1. Melanopsis pygmaea. — 2. Melanopsis Bouéi. — 3. Melanopsis aetolica. — 4. Melanoptychia Bittneri. — 5. Melanopsis Heldreichi. — 6. Melanopsis Vindobonensis. — 7. Melanopsis Gorceixi. — 8. Melanopsis Proteus. — 9. Melanopsis Martiniana.

Die Fauna, welche hier lebte, ist durch einige eigentümliche Typen auffallend charakterisiert. In erster Linie bezeichnend für dieselbe ist das massenhafte Auftreten der Gattung Congeria (Dreyssena), welche zu der sonst im Meere lebenden Muschelfamilie der Mytiliden gehört (s. Abbildung, S. 528). Diese Formen, nach welchen die Ablagerungen den Namen der **Kongerienschichten** erhalten haben, kommen hier in einer Menge, Größe und Schönheit vor, die sie niemals, weder früher noch später, mehr erreicht haben. Ein zweites wesentliches Element bilden die Angehörigen der Gattung Cardium, einer Sippe, die vorwiegend dem Meere angehört, aber sowohl im jüngern Tertiär als in der Jetztzeit vielfach auch in schwächer gesalzenen Binnenseen vorkommt und hier eigentümliche Merkmale in der Bildung des Schlosses und andrer Teile annimmt, so daß man diese Formen als selbständige Untergattungen (Monodacna, Adacna ꝛc.) unterschieden hat. Endlich spielt die Schneckengattung Melanopsis, ein nur in süßem und schwach gesalzenem Wasser vorkommender Typus, eine große Rolle und hat hier die größten und stattlichsten Arten aufzuweisen, welche überhaupt bekannt sind (s. obenstehende Abbildung). Neben diesen drei sehr weit verbreiteten und dominierenden Typen kommen aber noch eine Menge andrer vor, welche in ihrem Auftreten beschränkter sind. Eine der merkwürdigsten Erscheinungen bildet die Gattung Valenciennesia, eine mit den Teichschnecken verwandte, flach schüsselförmige Schnecke von ganz abnormer Größe und eigentümlicher Rippenbildung, die in **Kroatien**, **Slavonien**, **Ungarn** und in der **Krim** auftritt. An manchen Lokalitäten, die vermutlich Ablagerungen geschützter Buchten darstellen, häufen sich zahllose zierliche, oft reichverzierte Formen an, die merkwürdigerweise in ihrem Vorkommen ganz lokalisiert sind, so daß jeder neuentdeckte Fundort wieder ein ganzes Heer neuer Arten liefert.

Der außerordentliche Reichtum an verschiedenen Arten ist nicht nur den Kongerienschichten Osteuropas eigen, sondern dieselben Erscheinungen wiederholen sich auch bei den

mittelpliocänen Süßwasserablagerungen desselben Gebietes, so daß diese beiden Gruppen an Formenmenge ihrer Konchylien alle andern bisher bekannten Binnenablagerungen bei weitem übertreffen. Man kennt schon jetzt über 500 verschiedene Formen derselben. In der Jetztwelt ist nur ein Teil von Nordamerika, namentlich das Flußgebiet des Ohio und seine Umgebung, in etwas geringerm Grade China durch eine ähnliche Mannigfaltigkeit der Süßwassermollusken ausgezeichnet. Um so merkwürdiger ist es, daß die jungtertiären Binnenablagerungen eine bedeutende Anzahl überaus charakteristischer Typen mit ebendiesen Gebieten gemein haben, in welchen heute die größte Mannigfaltigkeit der Süßwasserkonchylien herrscht. Wir werden bei Besprechung des mittlern Pliocän näher auf diesen Gegenstand eingehen, da hier die Erscheinung in vollster Entwickelung hervortritt; hier, bei Besprechung der Kongerienschichten, fesselt uns eine verwandtschaftliche Beziehung andrer Art, die zu der jetzt lebenden Bevölkerung des Kaspisches Meeres und der kleinen Süßwasserbecken in der Umgebung des Schwarzen Meeres gehört. Hier leben die den Arten der pontischen Ablagerungen verwandten Kongerien und Brackwasserkardien noch heute fort, und wir können namentlich das Kaspische Meer als den letzten Rest jener ungleich größern Binnenseen bezeichnen, welche sich zu Beginn der pliocänen Zeit von Wien bis zum Aralsee ausdehnten. Auch das Schwarze Meer hatte lange Zeit, wie die jungen Ablagerungen seiner Umgebung zeigen, denselben Charakter; allein während der diluvialen Zeit trat dasselbe in Verbindung mit dem Mittelmeere, ein Teil der Fauna des letztern wanderte hier ein und verdrängte die ursprüngliche Bevölkerung.



Mehrere Exemplare von Congeria (Dreyssena) polymorpha, durch ihren Byssus aneinander geheftet; aus den Altwassern der Donau bei Wien.

Merkwürdig genug ist dabei das Schicksal einer kleinen Muschel, der Congeria oder Dreyssena polymorpha, des letzten Epigonen der großen pontischen Formen. Schon im Pliocän lebte diese Art in Europa, sie ist namentlich in Slavonien im Tertiär nachgewiesen worden; dann aber verschwand sie mit all den andern Formen jener Zeit aus unsern Gegenden, sie erhielt sich jedoch im Asowschen Meere und in den sogenannten Limanen, den Lagunen an der Küste des Schwarzen Meeres. Von da aus hat sie einen neuen Eroberungszug angetreten und sich in Europa ein größeres Wohngebiet errungen, als sie oder ihre Verwandten jemals früher hier innehatten. Congeria polymorpha (s. obenstehende Abbildung) lebt zwar nicht dauernd im Meere, sie kann aber den Aufenthalt in seinem stark gesalzenen Wasser ziemlich lange ertragen. Sie hat die Eigentümlichkeit, sich mit eigentümlichen Fäden, dem sogenannten Byssus, an irgend welche fremde Körper anzuheften, und so gelangte sie, an dem Boden von Schiffen befestigt, aus dem Asowschen Meere in westeuropäische Hafenplätze und wurde in die meisten Flußgebiete Europas verschleppt; sie steigt nun in denselben immer weiter stromaufwärts und hat schon die größere Hälfte unsers Erdteiles wieder okkupiert. Auch in das alte Stammgebiet ist sie wieder vorgedrungen, sie ist in der Donau, der Save 2c. angesiedelt und so an die Stelle zurückgekehrt, welche die Kongerien vor langen Jahrtausenden verlassen haben.

Die wichtigsten Fundorte pontischer Molluskenschalen sind die Umgebung von Wien, dann Agram in Kroatien, Tihany am Plattensee, Arpad in Ungarn, Radmanest im Banat, ferner mehrere Lokalitäten in Rumänien, bei Odessa und in der Krim, namentlich in der Nähe von Kertsch. Auch Säugetierreste haben diese thonigen Bildungen an manchen Punkten geliefert, so namentlich bei Baltavár in Ungarn, und auch die Ziegeleien der Umgebung von Wien sind nicht arm an solchen. Verbreiteter aber als

in diesen eigentlichen Seebildungen finden sie sich in Ablagerungen von gelblichem oder rötlichem Gerölle oder Sande, welche von Flüssen jener Zeit abgelagert wurden und sich namentlich im Wiener Becken, wo ein großer, aus Böhmen kommender Fluß in den pontischen See mündete, über den Kongerienschichten ausdehnen. Es ist das der sogenannte Belvederschotter, welcher sehr große Verbreitung erreicht.

Auch außerhalb des Bereiches der großen pontischen Binnenmeere waren damals an einigen Punkten Europas Seen von geringerm Umfange vorhanden, welche eine ähnliche Fauna beherbergten. Aus Italien kennt man einige derartige Bildungen, und auch im Rhônebecken in Frankreich treten kongerienführende Ablagerungen auf, welche aber wahrscheinlich dem mittlern Pliocän angehören. Weit verbreiteter als diese kommen aber fluviatile Bildungen, von Flüssen zusammengeschwemmte Massen von Sand und Geröllen oder von rotem Lehme vor, welche stellenweise außerordentliche Mengen von Säugetierresten enthalten. Der berühmteste und reichste Punkt dieser Art ist Pikermi in Griechenland, zwischen Athen und Marathon gelegen; während der Zeit, in welcher unter König Otto bayrische Garnisonen in Griechenland waren, fand einer der Soldaten bei einem Streifzuge in einem Bacheinschnitte bei dem Meierhofe Pikermi einen fossilen Schädel; dieser gelangte nach München und wurde hier als einem Affen angehörig erkannt. Da Affenreste damals überaus selten waren, so erregte der Fund großes Aufsehen, die bayrische Regierung ließ Nachgrabungen veranstalten, dann geschah das von Frankreich aus in größerm Maßstabe, und später wurde das Knochenlager noch öfter ausgebeutet, so daß Reste von dort jetzt sehr zahlreich in Sammlungen vertreten sind.

Da es einigermaßen rätselhaft ist, wie an einem Orte so viele Knochen zusammen lagern konnten, so mag eine Schilderung der Art und Weise eines solchen Vorkommens von Interesse sein. Von den Vorbergen des Pentelikon im Norden, von niedrigern Höhen im Süden eingefaßt, zieht sich eine sanft abfallende Ebene aus der Mitte des südlichen Attika nach Osten zum Meere, das sie bei dem Fischerdorfe Rhaphina erreicht. Diese Ebene ist von Ablagerungen der pontischen Stufe gebildet, nämlich von abwechselnden, mehrere Meter mächtigen Lagen von rotem Lehme und festem Konglomerate, den Absätzen eines zu Beginn des Pliocän hier sich ergießenden Flusses, welcher abwechselnd feinen roten Schlamm und grobe Gerölle führte. Diese pontischen Bildungen sind von diluvialen Ablagerungen größtenteils verdeckt, doch hat sich in der Jetztzeit der Bach von Pikermi eine tiefe Schlucht eingeschnitten, welche die tertiären Schichten aufschließt. Die Knochen finden sich nur in dem roten Lehme, aber nicht in allen seinen Teilen, sondern sie treten nur in einer der Bänke dieses Materiales in Masse auf und auch hier nur in einer etwa 1 m mächtigen Schicht. Man muß bei der Ausbeutung der Lokalität im Hangenden dieser Lage den Lehm abdecken, bis man auf die Fundschicht trifft; diese aber ist so ganz erfüllt von Knochen, daß man oft den Spaten oder die Haue nicht einsetzen kann, ohne einen derselben zu zertrümmern. Aus einem Lehmklumpen von etwa $^1/_6$ cbm habe ich z. B. eine ganze Vorderextremität des gewaltigen Helladotherium, das Gehörn und den Unterkiefer einer Antilope, ein Unterkieferfragment und einige isolierte Zähne von Hippotherium, drei große, stark beschädigte Röhrenknochen von Helladotherium und Rhinozeros und etwa ein Dutzend kleinerer Knochen herausgeschält. Dabei ist es auffallend, daß Kiefer, Zähne und Extremitätenknochen in allergrößter Menge, ganze Schädel nur spärlich, Wirbel und Rippen aber höchst selten gefunden werden. Endlich ist es sehr sonderbar, daß die großen, starken Röhrenknochen meist in der Nähe eines ihrer Gelenkköpfe scharf abgebrochen sind; an einzelnen derselben konnten scharfe und tiefe Einschnitte beobachtet werden, die offenbar von den Zähnen großer Raubtiere herrühren, nicht aber von den Werkzeugen tertiärer Menschen, wie man vermutet hat.

Es ist außerordentlich schwierig, sich ein Bild von den Ursachen einer so massenhaften Zusammenhäufung von Tierresten in einer einzigen dünnen Lage eines Schichtsystemes zu machen, welches sonst keine oder jedenfalls nur sehr seltene Fossilien enthält. Die Knochen sind nicht abgerollt, also nicht weither vom Wasser transportiert; sie sind von Raubtieren benagt und zerbrochen, mußten also, ehe sie ins Wasser gerieten, eine Zeitlang auf trocknem Lande gelegen haben. Vielleicht wirft ein Bericht, den Darwin in seinem Reisewerke über die Erdumseglung des Schiffes Beagle aus den Pampassteppen von Südamerika gibt, einiges Licht auf unser Vorkommen. Während einer Zeit außerordentlicher Hitze und Dürre in den Jahren 1827—30 fiel so wenig Regen, daß die ganze Vegetation, selbst bis auf die Disteln, ausblieb; die Bäche vertrockneten, und das ganze Land nahm das Aussehen einer staubigen Landstraße an. Die Rinder und Pferde, welche in ungeheuern Herden die Steppen beleben, gingen in zahlloser Menge zu Grunde; in unabsehbaren Scharen drängten sie nach den größern Strömen, namentlich nach dem Parana, und stürzten sich über die Ufer hinunter, um ihren Durst zu löschen. Sie waren aber zu entkräftet, um den Uferrand wieder zu erklimmen, immer neue Scharen kamen von oben nach, und so gingen die Tiere infolge der Dürre zu Hunderttausenden im Wasser zu Grunde. Unter den verschiedenen Möglichkeiten für die Erklärung der Knochenanhäufung bei Pikermi hat jedenfalls die Annahme einer derartigen Katastrophe am meisten Wahrscheinlichkeit; auch die Benagung der Knochen durch Raubtiere würde sich wohl erklären, denn jedenfalls werden sich die Machairodonten, Hyänen, Iktitherien, Panther und ihre Genossen massenhaft eingefunden haben, um unter den zu Tode erschöpften Tieren reiche Beute zu holen. Allerdings bleibt dabei die Seltenheit von Rippen, Wirbeln und Teilen des Beckens unerklärt, und ebenso muß es fraglich erscheinen, ob denn eine einzige derartige Periode der Dürre das Material für die Bildung einer 1 m mächtigen Knochenschicht abgeben kann.

Die bekannten Fundpunkte pontischer Säugetierfaunen zeigen eine eigentümliche Verteilung; wir kennen sie aus einer breiten Zone, welche sich von Indien und China durch Persien und Kleinasien nach Europa erstreckt, das nur in seiner südlichen Hälfte Reste dieses Alters geliefert hat. Das ganze nördliche Europa, mit Einschluß von Norddeutschland, Nordfrankreich und England, hat noch keine Spur geliefert, und ebensowenig kennen wir eine solche aus dem nördlichen Asien; in Afrika ist nur ein einziges Vorkommen im äußersten Norden in Algerien nachgewiesen worden, das sich den südeuropäischen anschließt. In Nordamerika ist die Gattung Hippotherium, der bezeichnendste unterpliocäne oder pontische Typus, gefunden worden, und auch einzelne andre Formen, welche auf dieselbe Fauna verweisen; doch ist es nicht möglich, eine der Abteilungen des amerikanischen Tertiär als ein genaues Äquivalent unsrer Stufe auszuscheiden.

Mittleres und oberes Pliocän.

Mit dem mittlern Pliocän, der Asti-Stufe, wie sie nach einem südöstlich von Turin gelegenen wichtigen Fundorte genannt wird, greift das Meer wieder um sich, es nimmt wieder Besitz von einem Teile der jetzigen Festländer, aber es erreicht in diesem Gebiete bei weitem nicht mehr die Ausdehnung wie zur Miocänzeit; die pliocänen Marinbildungen säumen nur die Ränder der Kontinente ein und erstrecken sich nur in einigen weiten Flußthälern, wie in denjenigen des Po und des Rhône, etwas weiter ins Innere. Anderseits sind namentlich in der Mittelmeerregion weite Gebiete, die heute Meer sind, in jener Zeit noch hohes, wahrscheinlich gebirgiges Land.

Weitaus die wichtigsten Marinablagerungen des mittlern Pliocän, durch ungeheure Menge wohlerhaltener Fossilien ausgezeichnet, sind diejenigen des Mittelmeergebietes. In den typischen Gegenden, in der Bucht, die sich am Nordfuße des Apennin und südlich von den Alpen durch das heutige Pothal bis tief nach Piemont hinein erstreckt, ferner in Toscana und in der Gegend von Rom treten namentlich blaue Thone und gelbe Sande auf, deren Konchylienfauna zwischen der miocänen und derjenigen des heutigen Mittelmeeres in vieler Beziehung die Mitte hält. Es ist die sogenannte dritte Mediterranfauna, in welcher die Zahl der jetzt noch lebenden Arten beträchtlich anwächst. Noch hat die Tiergesellschaft subtropischen Charakter, die großen Arten der Gattungen Mitra, Conus, Terebra 2c. sind noch vorhanden, aber ihre Zahl hat abgenommen, und namentlich sind die riffbildenden Korallen verschwunden. Eine ganz eigentümliche Ausbildung dieser Abteilung finden wir in Kalabrien und in der Gegend von Messina, wo weiße Mergel mit zahllosen Foraminiferen, zahlreichen Bryozoen, Brachiopoden und kleinen Muscheln und Schnecken auftreten, Ablagerungen aus etwas tieferm, durch keinerlei thonige oder sandige Sedimente getrübtem Wasser. Man hat diese Gebilde, als eine ältere „Stufe von Messina", von den andern pliocänen Meeresbildungen trennen und als Äquivalent der pontischen Schichten betrachten wollen, doch fehlt jeder positive Anhaltspunkt für eine solche Auffassung, und es kann jetzt als zweifellos festgestellt betrachtet werden, daß wir es nur mit einer abweichenden Entwickelung des mittlern Pliocän zu thun haben.

Ähnliche Entwickelung wie im nördlichen und mittlern Italien finden wir noch in verschiedenen andern Teilen des Mittelmeerbeckens, so auf den Jonischen Inseln, im Peloponnes, in Algerien, Spanien, auf den Balearen und im südlichen Frankreich, wo die Meeresbildungen vielfach mit Süßwasserablagerungen ineinander greifen, wie namentlich die Untersuchungen von Fontannes gezeigt haben; die Verbindung des Mittelmeeres mit dem offenen Atlantischen Ozeane scheint auch damals durch das Thal des Guadalquivir stattgefunden zu haben.

Ein zweites Gebiet Europas, in welchem wichtige pliocäne Meeresablagerungen auftreten, liegt weiter im Norden; das südliche England, Belgien und vereinzelte Punkte im nördlichen Frankreich enthalten Sande, Konglomerate und Mergel, welche man mit dem englischen Lokalnamen Crag bezeichnet. Die ältern Teile dieser Schichten, namentlich der Coralline Crag in England, entsprechen dem mittlern Pliocän; sie lassen in ihrer Fauna den Temperaturunterschied, welcher damals gegenüber der Mittelmeerregion herrschte, sehr deutlich erkennen, und wenn auch ein großer Teil der Formen auf wärmeres Klima verweist, als es heute in England herrscht, so fehlt doch das subtropische Element fast vollständig.

Von großer Bedeutung sind die Binnenablagerungen des Pliocän; die Landsäugetiere stehen denen der pontischen Stufe nahe, aber es lassen sich doch sehr wesentliche Unterschiede bemerken; so sind die Aceratherien, die Dinotherien und Ancylotherien ausgestorben, die Hippotherien sehr selten, die Giraffen sind aus Europa verschwunden; dagegen finden wir zwei Mastodonten, Mastodon arvernensis und Borsonii, Rhinozeros, Tapir, einige Affen, ferner die ersten Vertreter der Pferde und Bären, vielleicht auch der Rinder. Die Umgebung von Montpellier, die Auvergne, das Rhônethal, das obere Arnothal und Siena in Toscana sind die wichtigsten Fundstellen dieser Fauna, doch kommen Formen derselben auch anderwärts, so in Thüringen, bei Ainacskö in Ungarn, bei Vribir in Kroatien, in England 2c., vor. Übrigens ist es noch nicht möglich, diese Säugetierfauna von derjenigen des obern Pliocän konsequent zu trennen, da es gerade für einige sehr wichtige Fundstellen noch nicht gelungen ist, zu entscheiden, in welche der beiden Abteilungen sie gehören.

Außerordentlich verbreitet sind Süßwasserbildungen mit Konchylien; wir kennen solche aus dem südlichen Frankreich, wo sie namentlich eine reiche Menge von Landschnecken

enthalten, stellenweise aber auch durch Kongerien führende Ablagerungen ersetzt scheinen, ferner aus Italien. In weit größerer Verbreitung aber treten dieselben im südöstlichen Europa, in annähernd denselben Gegenden auf, in welchen die pontischen Kongerienschichten ihre mächtige Ausdehnung fanden. Jene gewaltigen Binnenseen, welche wir hier kennen gelernt haben, schrumpften ein, und namentlich die großen Wasserflächen, welche die Walachei, Ungarn, Slavonien, Kroatien und das Wiener Becken erfüllten, verschwanden, und an ihrer Statt blieben an verschiedenen Stellen kleinere Seen zurück, die aber immer noch den Bodensee oder den Genfer See an Größe erheblich übertroffen zu haben scheinen. Solche entstanden auch in Gegenden, in welchen wir das Vorhandensein einer pontischen Wasserbedeckung nicht nachweisen konnten, namentlich in manchen Teilen von Albanien, Makedonien, Griechenland und im Bereiche des heutigen Ägeischen Meeres. In diesen kleinen Seen wurde, nach der Fauna zu schließen, das Wasser in der Regel von durchströmenden Flüssen ausgesüßt, und es blieb nur eins der großen pontischen Binnenmeere mit brackischem Wasser auch in der Zeit des mittlern Pliocän erhalten, nämlich das riesige Becken, welches das Schwarze und Kaspische Meer der Jetztzeit samt deren Umgebung und dem nördlich vom Kaukasus zwischen beiden gelegenen Gebiete umfaßte.

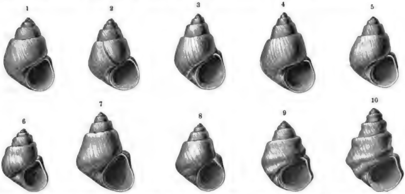
Wohl hatte sich die Wasserfläche, welche im südöstlichen Europa von Binnenseen eingenommen wurde, durch diese Änderungen erheblich verkleinert, aber dadurch ist die Mannigfaltigkeit des tierischen Lebens in keiner Weise gemindert. Im Gegenteile, durch die geographische Trennung der einzelnen Seen und die größere Mannigfaltigkeit der Lebensbedingungen, welche infolgedessen eintritt, wird in diesen „levantinischen" Ablagerungen eine ganz außerordentliche Differenzierung der Fauna hervorgebracht, welche selbst diejenige in den pontischen Ablagerungen noch bedeutend übertrifft.

Während sich in dem großen das Schwarze und Kaspische Meer umfassenden Becken die Kongerien und Kardien erhalten, verschwinden sie bis auf dürftige Reste aus den kleinern Seen, in welchen nun namentlich Teichmuscheln (Unio), Sumpfschnecken (Paludina) und Melanopsiden in zahlloser Menge auftreten und von einem ganzen Heere kleinerer Formen aus den Gattungen **Pisidium, Melania, Hydrobia, Valvata, Bithynia, Neritina** 2c. begleitet werden. Der formenreichste dieser Seen befand sich in Westslavonien, im Savebecken in der Gegend der Städte Neugradisca und Brod, ein zweiter in Syrmien, ein dritter in der Gegend des jetzigen Plattensees in Ungarn, dessen Tiefland noch einige weitere solche Wasseransammlungen enthielt. Neuere Bohrungen im Zentrum der ungarischen Ebene, von welchen Halavats berichtet, ergaben namentlich die Existenz eines solchen Beckens, dessen Spiegel außerordentlich tief gelegen zu haben scheint. Andre waren in Siebenbürgen, in verschiedenen Gegenden Rumäniens vorhanden, ferner bei Ypek in Albanien, bei Stamna im westlichen Griechenland, an einigen Stellen in Böotien, auf Euböa, auf Rhodos und Kos an der kleinasiatischen Küste, auf Kreta 2c.

Diese levantinischen Schaltiere bieten in vieler Beziehung großes Interesse; zunächst gelingt es hier verhältnismäßig leicht, die allmähliche Umgestaltung zu verfolgen, welche die verschiedenen Typen in den einzelnen Becken erlitten haben; schon oben wurde eine derartige Formenreihe aus den levantinischen Ablagerungen oder Paludinenschichten vorgeführt, in welcher genau verfolgt werden konnte, wie die Umgestaltung einer glatten, mit gewölbten Windungen versehenen **Paludina** in eine kegelförmige, mit kräftigen Kielen und Knoten versehene Art stattfindet (s. Abbildung, S. 18). Auf S. 535 ist eine ähnliche Formenreihe aus den levantinischen Ablagerungen der Insel Kos abgebildet, welche ebenfalls an Vollständigkeit der Übergänge zwischen den zeitlich aufeinander folgenden Formen nichts zu wünschen übrigläßt. Ähnliche Reihen lassen sich in großer Zahl auch bei andern Gattungen, bei Unionen, Melanopsiden 2c., verfolgen, und wir erhalten hier die beste

Gelegenheit, uns von dem thatsächlichen Stattfinden einer allmählichen Umbildung im Sinne der **Darwinschen** Lehre zu überzeugen.

Nach andrer Richtung sind die geographischen Beziehungen der levantinischen Konchylien von großem Interesse; eine Anzahl von Formen, wie die Gattung Melanopsis und die Arten aus der Gruppe der Melania ricinus, haben noch heute wie damals ihre Hauptverbreitung im östlichen Mittelmeergebiete, andre zeigen den Habitus, welcher noch jetzt allgemein in Europa herrschend ist, aber daneben treten in größerer Zahl andre Verwandtschaften hervor, welche auf weit entfernte Gegenden verweisen. Es ist das allerdings nichts Außergewöhnliches, und das Auftreten amerikanischer, indischer, afrikanischer Typen in europäischen Binnenablagerungen gehört zu den sehr gewöhnlichen Erscheinungen; hier aber wird die Sache dadurch besonders auffallend, daß nur zu **einem** ganz bestimmten ausländischen Faunentypus der Jetztzeit Beziehungen sich ergeben, aber zu diesem in so ausgezeichneter Weise, wie wir sie wohl bei keiner der alten Faunen wiederfinden.



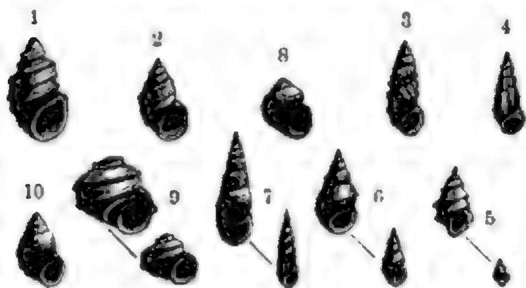
Formenreihe abändernder Paludinen, aus den levantinischen Ablagerungen der Insel Kos. 1. Paludina Brusinai. — 10. Paludina Forbesi. — 2—9. Zwischenglieder zwischen beiden. Vgl. Text, S. 534.

In der Jetztzeit sind bekanntlich **Nordamerika**, namentlich sein westlicher Teil, und **China** in Fauna und Flora außerordentlich nahe miteinander verwandt; eine Menge von Pflanzengattungen, z. B. die Magnolien, ferner Muscheln und Schnecken, und auch höhere Tiere (**Alligator**) bestätigen, daß der westliche Teil von Nordamerika und China vor kurzer Zeit noch ein zusammenhängendes Faunengebiet dargestellt haben, dessen beide heute weit voneinander getrennte Teile zu Ende der Tertiärzeit durch ein den nördlichen Pazifischen Ozean überbrückendes Festland in Verbindung gestanden haben müssen. Mit diesem chinesisch-amerikanischen Gebiete zeigen nun die levantinischen Ablagerungen des südöstlichen Europa die nächsten Beziehungen, während sie keine Spur irgend eines äthiopischen, indischen malayischen, australischen, polynesischen oder südamerikanischen Typus enthalten. Diese Erscheinung ist allerdings in der levantinischen Fauna am deutlichsten entwickelt, aber auch die vorhergehenden Süßwasserbildungen der pontischen Stufe und selbst die noch ältern Melanopsidenmergel in Dalmatien und Bosnien zeigen in schwächerm Grade dasselbe Verhältnis. Wir werden dadurch zu der Annahme geführt, daß aus der Gegend von **Wien** und aus **Dalmatien** durch das südöstliche Europa und von da aus vermutlich durch das mittlere Asien bis nach China und Nordamerika eine in ihren Grundzügen einheitliche Fauna des süßen Wassers vorhanden war, deren Reste sich heute in verschiedenen Gegenden erhalten

Digitized by Google

haben (s. untenstehende Abbildung: 1. Fossarulus sinensis, lebend, China. — 2. Fossarulus tricarinatus, Miocän, Dalmatien. — 3. Pyrcula Haueri, Miocän, Dalmatien. — 4. Prososthenia Tournoueri, Miocän, Dalmatien. — 5. Pyrgula pagoda, Pliocän, Siebenbürgen. — 6. Hydrobia Eugeniae, Pliocän, Siebenbürgen. — 7. Nematurella dalmatina, Miocän, Dalmatien. — 8. Valvata piscinalis, Pliocän, Siebenbürgen. — 9. Tropidina Eugeniae, Pliocän, Siebenbürgen. — 10. Bithynia tentaculata, Miocän, Dalmatien).

Für uns ist vor allem die Art der Beziehung wichtig, welche die genannten Süßwasserablagerungen Osteuropas mit Chino-Amerika gemein haben; unter den Schnecken kennen wir nicht weniger als sieben Untergattungen, welche diese Verbindung herstellen (Campeloma, Tulotoma, Tropidina, Fossarulus, Prososthenia, Carinifex und Acella), dazu gesellt sich noch eine Anzahl von kleinern Gruppen aus verschiedenen Gattungen, welche dieselbe Bedeutung haben. Unter den Muscheln ist namentlich die Gattung der Teichmuscheln (Unio) von Wichtigkeit; sowohl in China als in Nordamerika tritt diese Sippe in einer sehr großen Artenzahl auf, und unter diesen findet sich eine Menge von Formen, die durch sonst ungewöhnliche Merkmale, wie exzentrische Stellung der Wirbel, Dicke der Schalen, reiche Verzierung mit Knoten oder Rippen, ausgezeichnet sind, und ganz ebensolche Formen sind in größter Menge in den levantinischen Ablagerungen vorhanden. Ein besonders auffallendes Beispiel bildet der große See von Talifu in der südchinesischen Provinz Jünnan (s. Abbildung, S. 537); schon seit längerer Zeit war von dort eine große Paludina bekannt, welche mit slavonischen und ungarischen Pliocänformen sehr nahe verwandt ist. In neuerer Zeit hat nun die große Expedition des Grafen Széchényi diese von Europäern sehr selten betretenen Gegenden besucht, und durch Loczi wurde eine größere Zahl von Muscheln und Schnecken von dort mitgebracht. Die Übereinstimmung mit den europäischen Paludinenschichten war hier eine ganz merkwürdige, in einem Grade, daß man nicht im mindesten überrascht gewesen wäre, diese Arten aus europäischem Tertiär zu erhalten; man kann geradezu sagen, der See von Talifu ist das letzte der Becken der levantinischen Stufe, das sich bis in die heutige Zeit erhalten hat.



Jungtertiäre Süßwasserschnecken, aus Südosteuropa.

Führt uns so die Tierwelt der levantinischen Seen zur Erkenntnis zoogeographischer Verhältnisse, so gibt uns anderseits die Lage dieser Becken die Mittel an die Hand, uns über die Verteilung von Wasser und Land in jener Zeit zu orientieren. Von besonderer Bedeutung sind in dieser Richtung namentlich die Vorkommnisse im Ägeischen Meere und seiner Umgebung. Mittelpliocäne Marinbildungen treten im Peloponnes auf, sie fehlen aber im ganzen Griechischen Archipel, und nur bei Athen und Megara finden sie sich. Wir können daraus schließen, daß eine Meeresbucht zwischen Kreta und dem Peloponnes nach Norden reichte und sich bis zur Südküste von Attika erstreckte; im übrigen war das Ägeische Meer damals ein Festland, das Kleinasien und Griechenland miteinander verband, und auf welchem einige der oben erwähnten Seen lagen.

Zu sehr eigentümlichen Resultaten gelangen wir nun, wenn wir die Lagerung der levantinischen Süßwasserschichten in jenen Gegenden ins Auge fassen. Mit horizontalen oder nur wenig geneigten Schichten stehen sie an den dem offenen Mittelländischen Meere zugewandten Küsten von Rhodos und Kreta an, sie streichen gegen einen Ozean hinaus, dessen Boden in unmittelbarer Nähe einige Tausend Fuß unter dem Wasserspiegel liegt, und ähnliche Verhältnisse scheinen an der Südküste von Kleinasien zu herrschen. Naturgemäß drängt sich die Frage auf, wo denn das südliche Ufer dieser pliocänen Süßwasserseen war,

und wir können keine andre Antwort darauf geben, als daß nicht nur das Innere des Ägeischen Meeres festes Land war, sondern daß solches auch südlich von Kreta, Rhodos und der heutigen Küste Kleinasiens vorhanden war und wohl in weit späterer Zeit in die Tiefe gesunken ist. Weder in Kleinasien, noch an der Küste von Palästina und Syrien, noch in Nordafrika östlich von Tunis treten an irgend einem Punkte mittelpliocäne Meeresablagerungen auf, und wir dürfen daraus schließen, daß das Meer diese Gegenden nicht erreichte; da aber Marinbildungen dieses Alters auf Cypern auftreten, so müssen wir annehmen, daß ein Meeresarm von Westen aus sich dorthin erstreckte, ohne aber die heutige afrikanische oder kleinasiatische Küste zu erreichen; Afrika muß also damals bedeutend weiter nach Norden, Kleinasien samt Kreta viel weiter nach Süden gereicht haben als heute; ja, wir werden später Thatsachen kennen lernen, welche beweisen, daß damals auch Malta und Sizilien noch zu Afrika gehörten.

Noch in einer andern Gegend sehen wir ähnliche Verhältnisse. Es ist eine sehr auffallende Thatsache, daß weder an der **dalmatinischen** Küste noch auf den vorliegenden Inseln, mit Ausnahme der südwestlichsten unter ihnen, irgend eine Spur von pliocänen Meeresablagerungen auftritt, während sie an der gegenüberliegenden Seite in Italien die allergrößte Verbreitung besitzen. Schon dadurch wird der Gedanke nahegelegt, daß die Ostküste der damaligen Adria viel weiter im Westen lag als heute, und daß hier bedeutende Landmassen in die Tiefe gesunken seien. Diese Vermutung wird durch eine Reihe von andern Thatsachen gestützt. So finden sich auf einigen der dalmatinischen Inseln diluviale Knochenbreccien, aus welchen hervorgeht, daß damals dort eine Zahl von Tieren gelebt hat, die auf einer kleinen Insel unmöglich existieren konnten; so hat man auf der Insel Lesina Reste von **Rhinozeros**, **Pferd**, **Bison** und **Hirsch** getroffen, ja auf dem winzigen Felsriffe **Silo**, dessen Oberfläche nur wenige Quadratmeter groß ist, sind Reste mehrerer großer Wiederkäuer gefunden worden. Es waren also noch zur Diluvialzeit in dieser Gegend größere Festlandsmassen vorhanden; berücksichtigt man noch, daß der isolierte **Monte Gargano**, der wie ein Sporn an der apulischen Küste vorspringt, in seiner jetzt lebenden Landschneckenfauna sich auffallend von seiner Umgebung unterscheidet und dafür auf demselben dalmatinische Formen vorkommen, so wird man zu dem bestimmten Schlusse geführt, daß zur Pliocänzeit ein großer Teil des jetzigen Adriatischen Meeres noch mit Dalmatien zusammenhängendes Festland war, ja daß wahrscheinlich der Gargano noch zu demselben gehörte, und daß das Meer östlich zwischen diesem und den Apenninen seine Verbindung nach Norden hatte. Ähnliche Verhältnisse scheinen nach **Forsyth Major** auch in einem Teile des Tyrrhenischen Meeres geherrscht zu haben, und wir sehen daraus, was für große und tiefgreifende Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land seit so junger Zeit im östlichen Mittelmeere vor sich gegangen sind, und wie gewaltige Landmassen seither in die Tiefe gesunken sind. Die Karte, Bd. I, S. 330, ist bestimmt, dieses Verhältnis zur Anschauung zu bringen, wie es hier in flüchtigen Umrissen dargestellt wurde; natürlich ist es nicht möglich, eine genaue Darstellung der einstigen

Paludina Margeriana, aus dem See von Talifu in Jünnan (Südchina). Vgl. damit die Abbildung slavonischer Paludinen, S. 18. Vgl. Text, S. 536.

Küstenumrisse zu geben; alle Einzelheiten in dem Verlaufe derselben sind rein willkürlich, und nur die großen Hauptzüge beruhen auf thatsächlicher Basis.

Noch weit größer als im mittlern Pliocän ist die Annäherung an die Jetztzeit in der obern Abteilung dieser Stufe; in den marinen Ablagerungen dominieren die noch jetzt unverändert fortlebenden Formen über die erloschenen, die südlichen Typen treten mehr und mehr zurück, später stellen sich nordische Gäste ein, und so werden wir allmählich über die Grenze des Tertiär hinaus zu den diluvialen Bildungen geführt, zu der Eiszeit, jener Kälteperiode, welche den Mittelpunkt der diluvialen oder quartären Formation bildet. Überaus anschaulich wird der ganz allmähliche Übergang von der pliocänen Meeresfauna zu der jetzt lebenden durch die Untersuchungen von Philippi über die jungen Meeresbildungen Italiens; er konnte eine Reihenfolge von Ablagerungen von verschiedenen Lokalitäten vorführen, in welchen die Zahl der ausgestorbenen Arten sich stetig verminderte; als Ausgangspunkt nahm er eine Schicht mit 83 Prozent jetzt lebender und 17 Prozent ausgestorbener Arten und führte dann andre an, in welchen die Zahl der erloschenen Formen der Reihe nach 15, 14, 11, 8, 5, 3, 1,3, 0 Prozent der ganzen Fauna ausmacht.

So sehen wir die Grenze zwischen dem obern Pliocän und dem Diluvium verschwimmen, und ähnlich verhält es sich, wenn wir die Säugetierreste ins Auge fassen, wie sie uns in den Ablagerungen des obern Arnothales in Toscana, in den jüngern Cragbildungen Englands, in den Süßwasserbildungen der Auvergne und auch sonst noch mannigfach entgegentreten. Der wichtigste Charakterzug der jungpliocänen Säugetierfauna im Vergleiche zu der des mittlern Pliocän ist das Verschwinden der Mastodonten, an deren Stelle der älteste Elefant Europas, der riesige Elephas meridionalis, tritt; dazu gesellen sich Flußpferdarten, von denen die eine (Hippopotamus major) mit dem lebenden großen Flußpferde Afrikas sehr nahe verwandt, vielleicht sogar identisch ist, während die andre (Hippopotamus Pentlandi) viel kleiner bleibt. Ferner sind Rinder, Hirsche, Pferde, Nashörner, Bären, Hunde, Katzen ꝛc. vorhanden, alle den jetzt lebenden Arten nahestehend, aber in der Regel nicht ganz mit ihnen übereinstimmend. In manchen Bildungen mischt sich diese Fauna mit derjenigen des mittlern Pliocän, wie das z. B. im sogenannten roten Crag von England der Fall ist. Anderseits aber sind gerade die beiden bezeichnendsten Arten des obern Pliocän, nämlich Elephas meridionalis und Hippopotamus major, nach oben nicht auf diese Abteilung beschränkt, sondern sie finden sich auch noch in den ältesten Ablagerungen der Diluvialzeit.

Die wichtigsten Marinbildungen des obern Pliocän sind diejenigen Englands und der Mittelmeerländer; im südlichen England haben wir schon früher die mit dem Namen Crag bezeichneten Strandbildungen als Vertreter des Pliocän kennen gelernt; der weiße oder Coralline Crag stellt das mittlere, der rote Crag und der Crag von Norwich das obere Pliocän dar. Der rote Crag ist älter als der Crag von Norwich, doch ist in beiden die Zahl der noch lebenden Arten eine außerordentlich große und soll nach den neuesten Untersuchungen in beiden mehr als 90 Prozent der Mollusken betragen. Von besonderm Interesse sind diejenigen Beziehungen, welche uns eine allmähliche Änderung des Klimas und eine fortschreitende Abkühlung erkennen lassen; im weißen Crag finden sich 28 Arten, die heute in südlichern Meeren leben, und nur eine, die in nördlichern Meeren lebt; im roten Crag ist die Zahl der erstern 19, die der letztern 11, während im Crag von Norwich 15 Arten aus nördlichern, keine aus südlichern Gegenden auftreten. So sehen wir in der letzten Fauna das Heranrücken der Eiszeit schon entschieden angekündigt, aber es sind doch nur die ersten Anzeichen; der Hauptsache nach stimmen die Konchylien mit denen überein, welche noch heute die englischen Meere bevölkern, die nördlichen Formen sind bedeutend in der Minderzahl

und sind keine hochnordischen Typen. Ganz anders verhält es sich, wenn wir die erheblich jüngern Thone der Diluvialzeit ins Auge fassen, wie sie ebenfalls in England vorkommen; hier tritt eine Bevölkerung ohne nennenswerten Unterschied auf, wie sie heute den hohen Norden bevölkert.

Sehr weit verbreitet sind in den Mittelmeerländern die jungpliocänen Meeresbildungen; Valle Biaja in Toscana, der Monte Mario bei Rom, die Umgebung von Palermo, Kos, Rhodos, Cypern liefern die bekanntesten Typen, während es für die Ablagerungen von Tarent und vom Isthmus von Korinth (Kalamaki) noch zweifelhaft ist, ob sie hierher oder zum Diluvium gehören. Massenhafte Konchylien finden sich in diesen Bildungen, die sich an manchen Punkten bis gegen 200 m über den Meeresspiegel erheben, und in denen die Zahl der ausgestorbenen Arten ungefähr 20 Prozent beträgt.

Auch hier im geschlossenen Becken des Mittelmeeres machen sich in der Meeresfauna die Spuren der Eiszeit geltend, natürlich aber in weit schwächerm Maße, als wir es in England gesehen haben. In manchen Ablagerungen findet sich nur eine oder die andre nordische Art, und namentlich eine große Muschel, Cyprina islandica, welche heute ausschließlich den nordischen Gewässern angehört, ist ziemlich verbreitet; ja, sie kommt an einzelnen Punkten mit Formen zusammen vor, die heute am Senegal oder an den Kapverdischen Inseln leben. Natürlich wird es dadurch und durch die im allgemeinen weit schwächere Entwickelung der Erscheinung sehr schwer, eine Grenze zwischen pliocänen und diluvialen Meeresbildungen zu ziehen, doch ist das wenigstens an einigen Punkten möglich. Weitaus die fossilreichsten unter diesen jungen Meeresablagerungen sind nach dem heutigen Stande unsrer Kenntnis diejenigen in der Umgebung von Palermo, aus welchen Monterosato 504 Arten aufzählt, von welchen 97 heute nicht mehr im Mittelländischen Meere leben; unter den letztern sind 66 ausgestorben, 31 kommen noch im Atlantischen Ozeane vor, und unter diesen finden sich einige, wie Saxicava arctica, Mya truncata, Cyprina islandica, Panopaea norvegica, Trichotropis borealis, Buscinum undatum ꝛc., von nordischem Charakter. In diesem Falle konnte nachgewiesen werden, daß die nordischen Gäste meist in der obersten Schicht beisammenliegen, wir können also hier eine gesonderte Vertretung der Eiszeit erkennen, und aller Wahrscheinlichkeit nach wird es sich auch an andern Punkten, deren Lagerung noch nicht näher untersucht ist, z. B. auf Rhodos, ähnlich verhalten.

Auch im obern Pliocän ist für das Mittelmeer die Verteilung von Wasser und Land noch eine wesentlich andre als heute; das südliche Spanien, Malta und Sizilien gehören noch zu Afrika, die Verbindung zwischen westlichem und östlichem Mittelmeere fand nördlich von Sizilien statt, der östliche Teil der Adria war noch Festland, und auch weiter im Osten hat das Meer zwar an Umfang gewonnen, aber noch bei weitem nicht seine heutige Ausdehnung erreicht. Es ist in den südlichen Teil des Ägeischen Meeres eingedrungen, wo wir seine Ablagerungen auf Kos und Rhodos finden, aber nördlich von der Inselkette der Kykladen, die von Attika und Euböa schräg über das Meer gegen Kleinasien hinüberstreicht, ist noch keine Spur nachgewiesen worden; der nördliche Teil des Archipels ist offenbar erst später in die Tiefe gegangen, und die Kykladen bildeten damals ein Küstengebirge, an dem sich die Wogen des Meeres brachen. Auch in der syrischen und ägyptischen Region ist dieses noch nicht bis an seine heutige Grenze vorgedrungen, und namentlich für die letztere Gegend läßt sich sehr bestimmt zeigen, daß dies noch nicht der Fall gewesen sein kann. Es wurde oben hervorgehoben, daß die Fauna des Mittelländischen Meeres und ebenso diejenige der miocänen und pliocänen Ablagerungen in dessen Gebiete keine Ähnlichkeit mit derjenigen des Roten Meeres zeigen, dessen Tiere ganz den Charakter der Bevölkerung des Indischen Ozeanes an sich tragen. Für das Miocän kann das nicht auffallen, denn damals existierte das tiefe Becken des Roten Meeres noch nicht, ein weites

Festland lag zwischen dem Mittelmeere und dem Atlantischen Ozeane. Anders aber verhält es sich im Pliocän; im Verlaufe dieses Abschnittes entstand die riesige Grabenversenkung des Roten Meeres, Wasser trat von Süden her in dieselbe ein, und dieses bevölkerte sich mit reichen Mengen von Mollusken, Echinodermen, Korallen rc. Nun treten zu beiden Seiten des Roten Meeres junge, wahrscheinlich oberpliocäne Ablagerungen mit zahlreichen Fossilresten auf, die bis zu einer sehr bedeutenden Höhe über den heutigen Wasserspiegel emporragen; bei Suez selbst wurde eine alte Strandlinie des Roten Meeres in etwa 60 m Höhe nachgewiesen, weiter im Süden hat man junge Korallenkalke bis zu etwa 300 m an den das Meer einsäumenden Höhen verfolgt; auch im Nilthale sind pliocäne Ablagerungen in der Nähe von Kairo 64 m ü. M. dicht bei den Pyramiden, von denen Beyrich zuerst gezeigt hat, daß sie Arten des Roten Meeres enthalten, die berühmte Sphinx von Gizeh ist aus einem isolierten Riffe dieses Gesteines herausgemeißelt (vgl. Abbildung, Bd. I, S. 472).

Der Isthmus von Suez erhebt sich heute an der höchsten Stelle 18 m ü. M., er besteht überdies der Hauptsache nach aus ganz jungen, diluvialen Anschwemmungen, für die Trennung der beiden Meere bei einem Wasserstande von 64 m war derselbe also ohne jede Bedeutung, und es hätte sich daher unbedingt eine sehr ausgiebige Mischung der beiden Faunen vollziehen müssen, wenn nicht ein andres Hindernis gewesen wäre, das nur in dem Vorhandensein eines höhern Landes nördlich von Suez und Kairo bestanden haben kann. Nur für ganz kurze Zeit scheint etwa zu Beginn des obern Pliocän das Meer diese Schranke überschritten und eine beschränkte Verbindung zwischen den beiden Ozeanen stattgefunden zu haben, wie aus dem Vorkommen weniger Mittelmeerarten in den sehr jungen Meeresbildungen bei Suez hervorgeht sowie aus dem Vorkommen einer pliocänen Meeresablagerung in der Gegend von Kairo, in welcher Mayer-Eymar ein Gemenge von Arten des Mittelländischen und des Roten Meeres nachgewiesen hat; auch in der heutigen Fauna des Roten Meeres lassen sich noch einzelne Spuren dieser zeitweiligen Kommunikation in dem Vorhandensein einiger Formen erkennen, welche solchen des Mittelmeeres wenigstens sehr nahe verwandt sind. Wie der Isthmus von Suez sich nach der Absenkung des nördlich vorliegenden Landes gebildet haben mag, ist noch nicht ganz sicher festgestellt; nach allen vorliegenden Nachrichten war hier eine außerordentlich seichte Stelle des Meeres, indem anstehende Miocänablagerungen fast bis zum Meeresspiegel emporragten. Die Zusammensetzung der Landenge ist derart, daß der nördliche Teil derselben aus sehr jungen Sedimenten des Mittelmeeres, der südliche aus solchen des Roten Meeres besteht, die Mitte aber wird von Flußanschwemmungen mit Muscheln eingenommen, wie sie heute im Nil leben. Es muß also ein Arm des Nils sich hierher gewendet und Anschwemmungen erzeugt haben. Diese Vorgänge fanden offenbar zu einer Zeit statt, als das Meer einige Meter höher stand als heute, und als es sich dann auf seinen heutigen Stand zurückzog, bildeten die jüngsten Alluvionen des Flusses und der beiden Meere die schmale und niedere Landenge; heute ist dieselbe wieder von dem Schiffahrtskanale durchschnitten, und schon lassen sich die ersten Anfänge einer Wanderung einzelner Strandmuscheln diesem dünnen Wasserfaden entlang aus dem Gebiete des einen Ozeanes in das des andern nachweisen.

So sehen wir im östlichen Mittelmeergebiete vom Nordende der Adria bis Ägypten und von Malta bis zum Schwarzen Meere zu Ende der Pliocänzeit noch ganz gewaltige Abweichungen von der heutigen Verteilung von Wasser und Land, und erst im Laufe der Diluvialzeit tritt infolge der sich fortsetzenden allmählichen Einbrüche der heutige Zustand ein. Innerhalb der uns naheliegenden Gebiete lassen sich nur noch an einzelnen Stellen im westlichen Mittelmeere ähnliche Vorgänge nachweisen, z. B. die Abtrennung Gibraltars von Afrika; sonst aber kann in Europa und den uns naheliegenden Teilen von Afrika und Asien keine derartige Veränderung in so junger Zeit angenommen werden. Es wäre

jedoch sehr sonderbar, wenn das Mittelmeergebiet in dieser Beziehung auf der ganzen Erde einzig dastehen würde. In der That sind hinreichende Anhaltspunkte vorhanden, um auch anderwärts ähnliche Vorgänge noch in sehr junger Zeit für wahrscheinlich zu halten. Die Gegenden im Mittelmeere, im Archipel und in der Umgebung des Schwarzen Meeres, in welchen die großen Veränderungen in junger Zeit stattgefunden haben, sind vor dem ganzen übrigen Europa durch das Vorhandensein thätiger Vulkane und durch ihre furchtbaren Erdbeben ausgezeichnet, und es liegt nahe, zu vermuten, daß in manchen der außereuropäischen Gegenden, welche durch Häufigkeit ähnlicher Erscheinungen ausgezeichnet sind, auch in jüngster Zeit ähnliche große Einbrüche stattgefunden haben oder noch im Gange sind. Vor allem gilt das von jener Zone furchtbarster vulkanischer Thätigkeit, die, mit Sumatra beginnend, sich durch die Sundainseln und die Ketten der ostasiatischen Festoninseln bis nach Kamtschatka und von da durch die Aléuten bis nach dem nordwestlichen Amerika fortsetzt (vgl. Bd. I., S. 331); dasselbe gilt von einem zweiten Gebiete, in welchem dieselbe reihenförmige Anordnung von Inseln vor einem Innenmeere stattfindet, nämlich von Westindien. Wir haben diese mehr oder weniger elliptischen Meeresbecken, die auf der einen Seite von festem Lande, auf der andern von einer Kette teilweise vulkanischer Inseln umschlossen sind, schon früher als jugendliche Kesselbrüche bezeichnet, und es ist sehr wahrscheinlich, daß manche derselben sich auch erst in jungpliocäner oder diluvialer Zeit gebildet haben. In der That ist die Ähnlichkeit der beiden Becken des Ägeischen Meeres mit jenen eine sehr große. Natürlich müssen für jene Thatsachen alle Einzelheiten erst durch genaue Studien an Ort und Stelle festgestellt werden, aber schon heute liegen Beobachtungen vor, welche sehr entschieden für die geäußerte Vermutung sprechen und eine andre Erklärung als durch sehr junge Einbrüche kaum gestatten. Dahin gehört das Auftreten einer jungen Elefantenfauna auf Japan und den Philippinen, und das Vorkommen großer megalonyxartiger Edentaten in den jungen Ablagerungen der Insel Cuba weist wenigstens auf eine im jüngern Tertiär vorhandene Verbindung mit dem Festlande hin. Auch das Vorhandensein von tertiären Süßwasserbildungen auf der westindischen Insel Anguilla, welche wie diejenigen von Rhodos und Kreta gegen das Meer hinausstreichen und da abbrechen, weist auf derartige Vorgänge hin; auf derselben Insel finden sich auch in geologisch sehr jungen Ablagerungen Reste einer ausgestorbenen Säugetierfauna, namentlich von Hirschen und gewaltig großen Nagetieren. Noch auffallender aber ist das Auftreten einer ganz jungen fossilen Säugetierfauna, darunter eines Mastodons, auf den verhältnismäßig kleinen Bahamainseln, und wir können daraus mit Sicherheit schließen, daß hier in einer geologisch gesprochen sehr kurz vergangenen Zeit ausgedehntes Festland war, das heute verschwunden ist.

Jungtertiäre Ablagerungen außerhalb Europas.

So eifrig die miocänen und pliocänen Ablagerungen Europas und einiger nahe angrenzender Gebiete von einer großen Menge von Forschern untersucht worden sind, so spärlich ist verhältnismäßig, was wir über die gleichalterigen Bildungen andrer Erdteile wissen; aus diesen haben wir in der Regel weit eingehendere Nachrichten über die Entwickelung der alten Formationen als über die des jüngern Tertiär, obwohl gerade die genaue Kenntnis dieser für das Verständnis der heutigen Zustände von allergrößter Wichtigkeit ist. Diese Erscheinung erklärt sich allerdings sehr einfach durch die großen Schwierigkeiten, welche in mehr als einer Richtung derartigen Arbeiten gegenüberstehen; jedenfalls aber wird unsre Aufgabe, den Ursprung der heutigen Verhältnisse klarzulegen, dadurch bedeutend erschwert.

Zum Ausgangspunkte für einen raschen Überblick über die exotischen Vorkommnisse wählen wir die östlichste Stelle, an welcher wir das Auftreten von Miocänbildungen des atlantischen oder mediterranen Typus kennen gelernt haben, nämlich das nördliche Persien. Wenden wir uns von da nach Indien, dem nächsten Gebiete, über welches eingehendere Nachrichten vorliegen, so treffen wir dort zunächst in der sogenannten Gajgruppe eine gipsführende Meeresbildung von wahrscheinlich miocänem Alter, und auch jüngere Marinschichten scheinen nicht zu fehlen. Von ungleich größerer Bedeutung sind aber die überaus mächtigen und an Säugetierresten sehr reichen Binnenablagerungen, welche in verschiedenen Teilen des Landes in sehr großer Ausdehnung auftreten. Am südlichen Fuße des Himalaja zieht sich in ungeheurer Längserstreckung vom Pandschab bis weithin nach Osten, nach Assam, ein wenig unterbrochener Zug verhältnismäßig ziemlich niedriger Vorhöhen, welche von der hohen Gebirgskette durch eine flache Thaleinsenkung, den Dun, getrennt sind. Die niedrigere Vorkette, die Siwalikhügel, besteht aus überaus mächtigen Sandsteinen und Thonen, welche stellenweise massenhafte Säugetierreste enthalten. Man hat dieses Schichtsystem nach der Örtlichkeit mit dem Namen der Siwalikbildungen belegt, und diese Bezeichnung wird häufig auch auf ähnliche Vorkommnisse ausgedehnt, welche in andern Teilen Indiens, namentlich in Sind, ferner auf der Insel Perim im Golf von Cambay (südöstlich von der Indusmündung) und an andern Orten, auftreten.

Die Säugetierfauna dieser Siwalikschichten ist eine überaus reiche, sie enthält eine große Zahl von Formen, welche in Europa ganz ähnlich oder nahe verwandt wiederkehren, daneben aber auch eine Reihe eigentümlicher Typen, so die früher erwähnten gewaltigen Wiederkäuer Sivatherium, Brahmatherium, Vischnutherium und Hydaspitherium, ferner ein Schuppentier (Manis) und einige andre. Für die Bestimmung des Alters sind namentlich diejenigen Formen von Wichtigkeit, welche sich an die Tiere europäischer Ablagerungen eng anschließen; unter ihnen ragen die zahlreichen Rüsseltiere hervor, welche durch Dinotherium, Mastodon und Elefanten und durch Zwischenformen zwischen den beiden letztern (Stegodon) vertreten sind; von Unpaarhufern sind zahlreiche Rhinozerosarten, darunter ein ungehörntes Aceratherium, ferner Chalicotherium und aus der Pferdereihe Hippotherien und echte Pferde zu nennen. In ungeheurer Menge gibt es Paarhufer, sehr zahlreiche Rinder, Antilopen und Hirsche, ferner ein Kamel und einige Giraffen, dazu Schweine, Flußpferde und ein Hyotherium, außerdem aber als sehr auffallende Elemente der Fauna zwei Typen aus der die Wiederkäuer mit den Schweinen verbindenden Gruppe der Hyopotamiden, nämlich Hyopotamus und Anthracotherium, Formen von verhältnismäßig altertümlichem Gepräge. Die Raubtiere sind ziemlich selten, doch kennt man verschiedene Katzen, Hyänen, Bären, Hunde, Dachse und Fischottern und von ausgestorbenen Gattungen die schon früher erwähnten Gattungen Amphicyon, Hyaenarctos, Ictitherium und Pseudaëlurus. Von Affen sind Schlankaffen, Makaken und ein dem Schimpanse verwandter, aber, wie es scheint, etwas menschenähnlicherer Anthropoide bekannt; einige wenige Nager beschließen die Reihe der Säugetiere. Außerdem sind einige Vögel (ein Strauß) und Reptilien vorhanden, unter diesen eine ungeheure Landschildkröte mit etwa 4 m langem Panzer (Colossochelys Atlas).

Betrachten wir die Tiergesellschaft etwas näher, so finden wir, daß sie offenbar aus ungleichalterigen Elementen besteht: zwei Gattungen, Hyopotamus und Anthracotherium, sind in Europa für das untere Tertiär charakteristisch und würden etwa auf oberoligocänes Alter deuten; eine weit größere Zahl von Sippen kommt im europäischen Miocän vor, doch finden sich unter ihnen nur vier, welche nicht auch in jüngern Ablagerungen vorkommen, nämlich Pseudaëlurus, Amphicyon, Listriodon und Hyotherium. In großer Menge sind dann Formen des untern Pliocän, in allergrößter Zahl solche des

mittlern und obern Pliocän vertreten. Natürlich dürfen wir dabei nicht vergessen, daß die einzelnen Gattungen sich in ihrer geologischen Verbreitung in Indien nicht genau so verhalten werden wie in Europa, daß manche von ihnen dort früher erscheinen oder sich länger erhalten können, und namentlich das letztere hat in dem wärmern Klima Indiens viele Wahrscheinlichkeit für sich; aber trotzdem ist es doch sehr unwahrscheinlich, daß alle die Tiere der Siwalikbildungen gleichzeitig gelebt haben. Demgemäß nimmt man auch jetzt vielfach an, daß diese Ablagerungen das Miocän und Pliocän, ja vielleicht auch noch den ältesten Teil des Diluvium umfassen. In der That hat man auch schon entschiedene Anzeichen, daß eine Gliederung in verschiedene Niveaus stattfinde; Anthracotherium, Hyopotamus, Dorcatherium, Hyotherium, Amphicyon, also geologisch ältere Formen, sind teils ganz auf die sogenannte Manchargruppe beschränkt, teils haben sie hier wenigstens ihre Hauptverbreitung, und auch in den eigentlichen Siwalikbildungen fehlt es nicht ganz an Andeutungen für das Vorhandensein mehrerer Säugetierhorizonte.

Jedenfalls ist noch das ganze Pliocän in diesen Süßwasserschichten vertreten, und es ist dies eine Thatsache von außerordentlicher Bedeutung, da dieselben noch von der Aufrichtung des Himalaja in energischer Weise mit ergriffen sind. Ja, in Tibet im Thale des obern Satledsch, in Hundes, finden sie sich stark aufgerichtet in einer Meereshöhe von 4000 bis 5000 m; hier sind also seit Ende der Tertiärzeit noch Aufstauungen der Schichten in ganz riesigem Maße eingetreten, welche diese jungen Bildungen etwa zur Höhe des Montblanc emporbrachten. Besonders auffallend ist aber diese Hundesregion noch deswegen, weil sich über den aufgerichteten Schichtköpfen des Tertiär noch sehr mächtige vollkommen horizontale Ablagerungen aus einem diluvialen See finden, welcher sich nach der Aufrichtung in jener Hochregion ausbreitete. In diesen hoch gelegenen Diluvialbildungen finden sich nun wieder Säugetierreste und zwar solche von Hyäne, Rhinozeros, Pferd, Schaf, Ziege, Rind und Panthalops, einer Antilopengattung, welche auch jetzt nur in den tibetanischen Hochregionen in einer der fossilen sehr nahe stehenden Form vorkommt. Diese Funde erregten zur Zeit ihrer Entdeckung im ersten Viertel unsers Jahrhunderts außerordentliches Aufsehen; man nahm an, daß eine solche Fauna in dieser gewaltigen Höhe nicht habe existieren können, und daß die Ablagerungen, welche dieselben enthalten, seit ihrer Entstehung um fast 5000 m senkrecht gehoben worden seien, ohne daß eine Störung der Lagerung stattfand. Diese lange gehegte Ansicht ist aber nach den neuern Untersuchungen von Lydekker nicht mehr haltbar. Schon der Umstand, daß die unterlagernden Siwalikbildungen stark aufgerichtet sind, widerspricht derselben, vor allem aber ist der Charakter der Tiere durchaus nicht dazu angethan, einen solchen Schluß notwendig zu machen. Alle die Säugetiere, welche in den horizontalen Ablagerungen von Hundes angeführt werden, leben mit Ausnahme von Rhinozeros und Hyäne noch jetzt ebendort, und in derselben Gegend ist trotz der gewaltigen Höhe von fast 5000 m heute Getreidebau möglich. Da die horizontal gelagerten Diluvialablagerungen von Hundes von Moränen aus der Eiszeit bedeckt werden, so müssen sie dem ältesten Teile der diluvialen Periode zugeschrieben werden, in welcher wir etwas wärmeres und feuchteres Klima als heute mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, zumal das Vorhandensein eines großen Sees in dieser Region auf bedeutende Wassermengen hinweist. Unter diesen Umständen kann auch das Vorkommen eines Rhinozeros in dieser Höhe nicht unerklärlich erscheinen, da ja Nashörner in der Diluvialzeit selbst im nördlichen Sibirien existierten und deren Reste im dortigen Eisboden mit allen ihren Weichteilen eingefroren waren.

Manche Säugetierformen der Siwalikbildungen haben sich auch auf Java, in China und Japan gefunden, doch ist es hier nicht immer leicht, zu entscheiden, was dem Pliocän, was dem Diluvium angehört.

Reichlicher als in Vorderindien treten weiter im Osten jungtertiäre Meeresbildungen auf, unter welchen namentlich diejenigen der Insel Java näher untersucht worden sind; sie enthalten eine ziemlich reiche Fauna, namentlich von Konchylien, Seeigeln und Foraminiferen, welche sich in jeder Beziehung an die jetzige Bevölkerung des Indischen Ozeanes anschließt und zu dieser, was die Zahl der gemeinsamen Arten anlangt, etwa in einem ähnlichen Verhältnisse zu stehen scheint wie die des italienischen Mittelpliocän, der Schichten von Asti, zu derjenigen des Mittelländischen Meeres, doch ist eine sichere Altersbestimmung der einzelnen Abteilungen des javanischen Tertiär bis jetzt noch nicht möglich. Weiterhin finden sich unter anderm auf den Philippinen Korallenbildungen von wahrscheinlich jungtertiärem Alter, und solche dürften allen Anzeichen nach auch auf den andern Inseln des südöstlichen Asien in großer Verbreitung vorhanden sein. Japan hat, abgesehen von den schon früher erwähnten pflanzenführenden Schichten, noch andre jungtertiäre Ablagerungen aufzuweisen, welche eine Marinfauna führen, aber noch nicht näher bekannt sind. Etwas mehr wissen wir über die jungtertiären Meeresbildungen in Australien und Neuseeland, doch läßt sich auch über diese nicht viel mehr sagen, als daß deren Fauna mit der jetzt lebenden der umgebenden Teile des Pazifischen Ozeanes viele Verwandtschaft zeigt.

Etwas abweichend davon sind die Verhältnisse an der Westküste von Südamerika; man kennt namentlich von verschiedenen Punkten in Chile Marinablagerungen, deren ziemlich zahlreiche Konchylienfauna schon früher, namentlich aber in neuerer Zeit von Philippi untersucht wurde. Das Alter der Bildungen ist noch nicht genau festgestellt, nach den Listen der vorhandenen Fossilien ist zu vermuten, daß diese nicht alle einem und demselben Horizonte angehören, sondern daß man mehrere Abteilungen wird unterscheiden können, von denen die eine alttertiär, vermutlich oligocän, die andre miocänen Alters zu sein scheint. Ein großer Teil der Fauna zeigt nahe Verwandtschaft mit derjenigen, welche heute an der südamerikanischen Westküste lebt, dazu gesellen sich aber einige Elemente, welche fremdartig erscheinen; zunächst ist das Vorkommen einiger Arten von Bedeutung, welche ganz übereinstimmend in den Tertiärablagerungen der Argentinischen Republik und Patagoniens vorkommen, also auf der atlantischen Seite Südamerikas, deren Gewässer jetzt kaum eine Art von Muscheln oder Schnecken mit der pazifischen gemein haben. Die Isolierung beider Meeresgebiete war also damals wohl keine so vollständige wie heute, wo eine Wanderung von Bewohnern der nördlichern, wärmern Region um die Südspitze Amerikas, vermutlich infolge der dort herrschenden niedrigern Temperatur, nicht möglich ist. Noch weit auffallender aber ist das Auftreten einer Anzahl von Arten, welche ganz übereinstimmend in den Miocänbildungen der Mittelmeerländer vorkommen, die sich also von dort aus bis an den südöstlichen Küstensaum des Pazifischen Ozeanes verbreiten. Wir sehen also hier noch dasselbe Verhältnis wie in der obern Kreide, welche in den südamerikanischen Anden eine Reihe sonst der pazifischen Region fremder Typen mit Südeuropa gemein hat, und wir werden dadurch zu dem Schlusse geführt, daß auch die Ursachen noch bestanden, welche wir damals für dieses merkwürdige zoogeographische Verhältnis kennen gelernt haben. Es war auch damals eine Landverbindung zwischen Nord- und Südamerika nicht vorhanden, so daß eine freie Verbindung mit dem Stillen Ozeane offen stand, und es muß ein Festland existiert haben, an dessen Rändern sich die Bewohner des seichten Wassers quer über den Atlantischen Ozean ausbreiten konnten. Allerdings können wir kaum vermuten, daß zu Beginn der Miocänzeit das Südatlantische Meer noch durch ein äthiopisch-brasilisches Festland überbrückt war, wohl aber kann Nordamerika noch mit Europa zusammengehangen haben.

Wie unter diesen Umständen zu erwarten war, treten auch auf den westindischen Inseln miocäne Meeresbildungen auf, deren fossilreiche Ablagerungen denjenigen Südeuropas

nahe verwandt sind, und unter denen sich auch wie in Europa zwei aufeinander folgende Abteilungen, ein unteres und ein oberes Miocän, unterscheiden lassen. Weithin sind diese Bildungen auf den Antillen und auf den Bahamainseln verbreitet, sie setzen sich von diesen aus auf das nordamerikanische Festland fort, wo sie am Nordrande des Golfes von Florida auftreten und sich außerhalb desselben an der Ostküste der Vereinigten Staaten nach Norden, nach Georgia, Carolina, Virginia, Maryland und weiter bis fast zum 42. Breitengrade, erstrecken. In dieser Region lassen sich die miocänen Ablagerungen in verschiedene Horizonte einteilen, welche offenbar die ganze Stufe vertreten; anders aber verhält es sich an den Rändern des Golfes von Mexiko, hier findet sich nur das allertiefste Miocän in mariner Ausbildung, dann aber folgen hier die sogenannten Grand Gulf-Schichten, Binnenablagerungen, welche bisher nur Reste einer Schildkröte und einiger Landpflanzen geliefert haben.

Wir sehen also, daß in dieser Region sehr bald nach Beginn des Miocän das Meer zurückweicht und das Binnenland vorschreitet, und wir müssen schließen, daß dieser Vorgang auch weiter nach Süden sich fortsetzte. Wir werden nämlich bei Besprechung der amerikanischen Binnenablagerungen und ihrer Faunen Beweise finden, daß in der Miocänzeit eine Landverbindung zwischen dem nördlichen und südlichen Festlande Amerikas eintrat, indem ein Austausch von Säugetieren stattfand; Edentaten erscheinen im Norden (Morotherium), während im Süden Anchitherium, der im europäischen und nordamerikanischen Miocän heimische Vertreter des Pferdestammes, auftritt. Diese Verbindung entsprach aber nicht der heute bestehenden, dem Isthmus von Panama, da dieser aus ganz jungen Bildungen, meist aus vulkanischen Tuffen, besteht; damals scheint die ganze Reihe der Antillen eine zusammenhängende Gebirgskette gewesen zu sein, im Osten vom Atlantischen, im Westen vom Pazifischen Ozeane bespült, zu welchem auch noch das Karibische Meer gehörte, soweit sein Gebiet damals überflutet war. Ja, man könnte sogar versuchen, die Stelle zu bezeichnen, an welcher die letzte Straße zwischen den beiden Ozeanen vorhanden war, bis endlich auch sie verschwand; die nordwestlichen Antillen, Cuba, Haïti, Puerto Rico und bis Anguilla, schließen sich im Charakter ihrer Landschneckenbevölkerung enger an den mexikanischen, die weiter südöstlich gelegenen Inseln an den südamerikanischen Typus an; allerdings bedarf eine solche Vermutnng noch mannigfacher Bestätigung durch Beobachtungen auf andern Gebieten, ehe sie auch nur als wahrscheinlich bezeichnet werden kann.

Daß zur Miocänzeit eine Verbindung zwischen Nord- und Südamerika existiert hat, kann kaum angezweifelt werden, doch scheint dieselbe nur von sehr kurzer Dauer gewesen zu sein, da die Zahl der Säugetierformen, welche aus dem einen Gebiete in das andre gelangten, eine überaus geringe ist. Offenbar wurde die Antillenkette sehr bald wieder durchbrochen, und erst in weit späterer Zeit, auf der Grenze zwischen tertiärer und diluvialer Zeit, entstand ein länger dauernder Zusammenhang, und ein mächtiger Strom von verschiedenartigen Tierformen gelangte nun von einem Kontinente nach dem andern, wie wir das bei Besprechung der diluvialen Vorkommnisse näher sehen werden.

Auch pliocäne Meeresablagerungen finden sich an der nordamerikanischen Ostküste, die Sumterschichten in Nord- und Südcarolina, deren Fauna zu der der heutigen nordwestatlantischen Meeresregion in ähnlichem Verhältnisse steht wie die des europäischen Pliocän zu den lebenden Mittelmeertypen. Von größerer Bedeutung als diese marinen Vorkommnisse sind die im Zentrum der Vereinigten Staaten auftretenden jungtertiären Säugetierschichten; wir haben schon früher jene weit ausgebreiteten Seen der Eocän- und Oligocänzeit kennen gelernt, in welchen so mächtige Massen von Sedimenten zur Ablagerung gelangten; von den verschiedenen Abteilungen dieser Binnensedimente haben wir früher die White River-Gruppe kennen gelernt, in welcher oberoligocäne und miocäne Säugetiere auftreten, welche also wenigstens teilweise noch in den Bereich des jüngern

Tertiär fällt. Die nächst jüngere Abteilung, die Loup Fork-Gruppe oder Niobraragruppe, läßt sich ebensowenig wie die vorige genau mit einem bestimmten Horizonte Europas in Parallele bringen, ein Teil der Formen entspricht solchen, welche in Europa im untern Pliocän (der pontischen Stufe) auftreten, so ein großes Mastodon, das dem europäischen Mastodon longirostris verwandt ist, und Hippotherium; dazu aber gesellen sich einerseits entschieden miocäne Typen, wie Amphicyon und Oreodon, anderseits Tiere, welche sonst erst im mittlern oder obern Pliocän vorkommen, wie Hippidium, das den jungpliocänen Pferden Europas entspricht. Auch hier wird man erst genauere Daten über die Verteilung der einzelnen Formen in einzelnen Unterabteilungen der Loup Fork-Gruppe abwarten müssen, ehe man eine nähere Parallelisierung mit Europa wird vornehmen können.

Noch jüngere Säugetierablagerungen, welche sowohl in den östlichen Teilen der Vereinigten Staaten als im Westen, in Oregon, auftreten, gehören wahrscheinlich schon der diluvialen Zeit an, und wir werden sie daher im nächsten Kapitel etwas näher besprechen.

An der Westküste von Südamerika kommen in der La Plata-Niederung und in Patagonien Binnenablagerungen des jüngern Tertiär in großer Ausdehnung vor; dem europäischen Miocän scheint die araukanische Stufe zu entsprechen, welche neben verschiedenen typisch südamerikanischen Formen auch die im Miocän Europas und Nordamerikas verbreitete Gattung Anchitherium enthält; auch das Pliocän ist vertreten, doch bietet die Abtrennung desselben von den diluvialen Bildungen große Schwierigkeiten.

Auf Madeira und auf den Kanarischen Inseln finden sich marine Miocänbildungen, welche mit denjenigen Südeuropas große Verwandtschaft zeigen.

Endlich werden die früher besprochenen pflanzenführenden Ablagerungen der nördlichen Gegenden, von Grönland, Spitzbergen, Grinnellland, Banksland, Sitka, Alaska 2c., in der Regel zum Miocän gerechnet. Miocäne Marinablagerungen kennt man aus diesen nordischen Regionen nicht; nur auf Spitzbergen hat man Meeresbildungen gefunden, die möglicherweise hierher gehören könnten, doch ist die Erhaltung der Fossilien eine so überaus schlechte, daß eine auch nur annähernde Altersbestimmung nicht möglich ist.

Rückblick.

Bei der Schilderung der einzelnen Abschnitte des Tertiär wurden schon die wesentlichsten Änderungen sowohl in den klimatischen Verhältnissen als in der Verteilung von Wasser und Land hervorgehoben, und wir können uns daher hier auf wenige zusammenfassende Bemerkungen beschränken. Über die klimatischen Verhältnisse bleibt wenig zu sagen. Wir haben gesehen, daß in Europa zu Beginn des Tertiär im untern Eocän wahrscheinlich ein ziemlich warmes, aber nicht sehr heißes Klima herrschte, daß dann im mittlern und obern Eocän eine Zunahme, von da an bis zum Ende des Tertiär aller Wahrscheinlichkeit nach eine allmähliche Abnahme der Temperatur stattfand. Bei andern Erdteilen fehlen uns die Anhaltspunkte für eine ähnliche Vermutung vollständig. Nur in den Polarregionen finden wir in Gegenden, in welchen jetzt die grimmigste Kälte herrscht und nur die dürftigste Vegetation gedeiht, zur Zeit des Tertiär eine reiche Vegetation, welche auf gemäßigtes Klima deutet. Es ist das eins der schwierigsten unter allen geologischen Problemen, das noch durch keinen Erklärungsversuch gelöst ist, zu dessen richtiger Beurteilung uns heute noch eine viel zu geringe Zahl von Thatsachen vorliegt.

Eingehenderer Besprechung bedürfen die Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land. Als deren hauptsächlichste Ergebnisse wurden schon früher bezeichnet: die Herausbildung des atlantischen Beckens, der Abschluß desselben vom Pazifischen Ozeane durch Herstellung einer Landverbindung zwischen Nord- und Südamerika, das Verschwinden des

Indien mit Zentralafrika verbindenden Festlandes (Lemuria), die Entstehung des gegen Osten abgeschlossenen Mittelländischen Meeres, des Roten Meeres und wahrscheinlich auch der ostasiatischen Kesselbrüche. Wenn wir aber auch gesehen haben, daß diese Ereignisse wirklich eingetreten sind, so fehlt uns doch wenigstens für manche derselben noch die genauere Zeitbestimmung, wir haben noch nicht festgestellt, wann diese Umgestaltungen vor sich gegangen sind; das gilt vor allem von dem wichtigsten dieser Vorgänge, von der Entstehung des atlantischen Beckens. Zu Ende der Kreidezeit stand sowohl das nordwestliche Europa mit Nordamerika als die äthiopische Region mit Brasilien in Verbindung, zwischen dem nördlichen und dem südlichen Kontinente erstreckte sich vom Pazifischen Ozeane aus der Gegend des heutigen Zentralamerika eine breite Wasserstraße nach Osten, welche bis zum Indischen Ozeane reichte. Um das atlantische Becken in seiner heutigen Gestalt entstehen zu lassen, mußte demnach sowohl das südliche Festland zwischen Afrika und Brasilien als das nördliche Festland zwischen Schottland und Nordamerika in die Tiefe sinken.

Für die Zeit, zu welcher das südatlantische Festland untertauchte, haben wir einzelne Anhaltspunkte: wir haben eine auffallende Übereinstimmung in der alttertiären Meeresfauna zwischen der westindischen und der alpinen Region gefunden, die sich noch in der oligocänen Korallenfauna sehr deutlich zu erkennen gibt, und um diese Ähnlichkeit zu verstehen, um eine Verbindung der ausschließlich küstenbewohnenden Formen zu beiden Seiten des Atlantischen Ozeanes zu ermöglichen, müssen wir eine zusammenhängende Küstenlinie oder wenigstens eine Anzahl nicht sehr weit voneinander entfernter Inseln annehmen. Nun könnte man allerdings vermuten, daß diese Ausbreitung gemeinsamer Arten auch längs eines nordatlantischen Festlandes habe stattfinden können; allein die Riffkorallen und andre südliche Typen reichen sowohl in Europa als in Nordamerika nicht so weit nach Norden, ihr Verbreitungsbezirk erstreckt sich nicht bis zu dem nordatlantischen Kontinente.

Ein zweiter Anhaltspunkt für die Annahme, daß das südatlantische Festland in der ältern Tertiärzeit noch existiert habe, liefert uns die Verbreitung der Säugetiere; wir haben gesehen, daß in den oligocänen Ablagerungen der argentinischen Pampas Formen vorkommen, welche mit den Paläotherien und Anoplotherien Europas nahe verwandt sind, während jede Spur einer engern Beziehung zu Nordamerika fehlt, und wir können daher das Auftreten dieser Typen in Südamerika nur durch das Vorhandensein einer Landverbindung nach Osten erklären, die bis in die Eocänzeit angedauert haben muß, und ebenso läßt auch das eigentümliche Vorkommen der Edentaten in Südamerika und in Afrika keine andre Erklärung zu.

Natürlich dürfen wir uns die Aufhebung dieser Verbindung nicht in der Weise vorstellen, daß mit einem Schlage in einem bestimmten Zeitpunkte während der ältern Tertiärzeit das südatlantische Festland verschwunden sei; wir müssen im Gegenteile annehmen, daß das Absinken dieser Landmasse langsam und in mehreren Abschnitten vor sich gegangen sei, ja daß durch Schwankungen des Wasserspiegels wahrscheinlich sogar zeitweiliger Landgewinn eintreten konnte. Schon im Verlaufe der obern Kreide sehen wir ein beträchtliches Vordringen des Meeres; wahrscheinlich blieben lange Zeit hindurch noch bedeutende Inseln als Ruinen des verschwindenden Kontinentes übrig, und noch heute ragen dessen letzte Trümmer in den Azoren, den Kanarischen und Kapverdischen Inseln sowie in dem mitten im Ozeane isolierten St. Pauls-Felsen über den Spiegel des Ozeanes hervor. Jedenfalls aber stellt uns der Untergang dieser Atlantis eins der großartigsten Beispiele der Absenkung gewaltiger Landmassen an Bruchlinien dar, wir sehen in diesem Gebiete eins der gewaltigsten Senkungsfelder, von dem die geologische Geschichte erzählt.

Eine bekannte Sage der alten Griechen berichtet von einer gewaltigen Insel Atlantis, die vor den Säulen des Herkules im Atlantischen Ozeane lag, einer Insel so groß wie Libyen und Kleinasien zusammengenommen. Solon hatte von ägyptischen Priestern die

Kunde von diesem Lande erhalten, das später nie mehr gesehen wurde, und von dem man daher annahm, daß es in der Zwischenzeit im Meere versunken sei. Man hat in unsrer Zeit daran gedacht, daß etwa noch in der historischen Periode bedeutende Überbleibsel des südatlantischen Festlandes vorhanden gewesen seien, die den phönikischen Schiffern bekannt wurden und erst später verschwanden. Diese Annahme hat jedoch keinerlei Berechtigung für sich, wir haben nicht den leisesten Anhaltspunkt für die Hypothese, daß während der Existenz des Menschen noch so bedeutende Umgestaltungen in jenen Regionen stattgefunden haben; wären noch in so später Zeit größere Landmassen vorhanden gewesen, deren Überreste die Kanaren, Azoren und Madeira darstellen, so müßten diese Inselgruppen in Fauna und Flora weit mehr Übereinstimmung untereinander zeigen, als thatsächlich der Fall ist. Was den Anlaß zu der Atlantissage gegeben hat, ob etwa phönikische Schiffer die Kanaren besucht hatten und die Inseln, die sie gesehen, in ihren Berichten beliebig vergrößerten, oder ob, wie andre wollen, eine dunkle Kunde von der Existenz Amerikas der Darstellung zu Grunde liegt, können wir hier nicht entscheiden, keinesfalls aber dürfen wir unsre Zuflucht zu einer kaum 3000—4000 Jahre alten geologischen Veränderung in so großem Maßstabe nehmen.

Sehr schwierig ist die Frage nach der Zeit, zu welcher ein nordatlantisches Festland existierte, und wann dasselbe verschwand; das wesentlichste Hindernis für eine sichere Deutung in dieser Richtung besteht darin, daß das wichtigste Beweismaterial, die geographische Verbreitung der Säugetiere, hier kein unzweideutiges Ergebnis liefert. Wir haben gesehen, daß im untern Eocän eine beträchtliche Zahl von Säugetiertypen dem nordamerikanischen Festlande und Europa oder, richtiger gesagt, dem paläarktischen Faunengebiete gemeinsam zukommt, daß daher eine Festlandsverbindung vorhanden gewesen sein muß, daß diese wahrscheinlich auch zur Zeit des mittlern Eocän andauerte; dann tritt eine etwa dem obern Eocän und untern und mittlern Oligocän entsprechende vollständige Verschiedenheit der Säugetiere ein, aus der wir auf eine Trennung oder wenigstens auf sehr stark eingeschränkten Zusammenhang der Landmassen schließen müssen, während im obern Oligocän und von da an bis zum Ende der Tertiärzeit wieder zahlreiche gemeinsame Typen auf innige Verbindung der beiden Kontinente hinweisen. Während wir nun allerdings aus derartigen Anhaltspunkten schließen können, daß die großen nördlichen Festländer zur einen Zeit zusammenhingen, zur andern getrennt waren, erhalten wir doch keinerlei Aufschluß darüber, wo diese Kommunikation stattfand, indem natürlich ein Zusammenhang zwischen dem nordöstlichen Asien und dem nordwestlichen Amerika annähernd dieselbe Wirkung hervorbringen mußte wie eine Verbindung zwischen Nordeuropa und dem nordöstlichen Nordamerika. Speziell für die jüngere Tertiärzeit ergibt die große Verwandtschaft der chinesischen Fauna und Flora mit derjenigen des westlichen Nordamerika und die namentlich bei den Süßwasserkonchylien des obern Miocän und des Pliocän im südöstlichen Europa hervortretende Ähnlichkeit mit der Fauna jener beiden Gebiete, daß in den letzten Phasen des Tertiär gerade die Verbindung des nordöstlichen Asien mit Amerika vorhanden war, und es bleibt daher die Frage des nordatlantischen Festlandes von diesem Gesichtspunkte aus unentschieden. Auch die marinen Tertiärkonchylien der atlantischen Küste Amerikas zeigen mit denjenigen Europas keine sehr ausgesprochene Ähnlichkeit, dieselbe scheint im Gegenteile heute größer zu sein als etwa im Miocän. Trotzdem aber gibt es Anhaltspunkte, die es wahrscheinlich machen, daß ein nordatlantisches Festland noch in der Tertiärzeit existierte und sich vermutlich bis ins Miocän erhielt. In erster Linie spricht dafür das Fehlen tertiärer Marinablagerungen in allen nördlichern Gebieten von Europa und Nordamerika; ferner zeigt die große Verbreitung reicher Lagerstätten von fossilen Pflanzen das Vorhandensein einer bedeutenden Landvegetation, mithin von ausgedehntem Festlande, auf dem diese gedeihen konnte; mit mächtigen Basaltmassen vergesellschaftet treten die Pflanzenschichten und Braunkohlen von

mutmaßlich miocänem oder oligocänem Alter auf den Faröern und auf Island auf, unter Verhältnissen, welche deutlich zeigen, daß wir es in diesen Vorkommnissen nur mit den schwachen Überresten einer früher weit ausgebreiteten Ablagerung zu thun haben. In derselben Weise finden sich die Pflanzenschichten mit Basalt vergesellschaftet in Grönland, sie kehren aber auch im nördlichen Irland, in der Grafschaft Antrim, und auf den Hebriden wieder, und es ist wahrscheinlich, daß all diese Punkte die Überbleibsel einer ursprünglich zusammenhängenden Tafel darstellen, die etwa zur Miocänzeit zertrümmert wurde.

Mit diesen Vorgängen, mit dem Verschwinden des nordatlantischen und des südatlantischen Festlandes, war das große offene Meeresbecken geschaffen, das heute Amerika von Europa und Afrika trennt, und wir dürfen mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß dasselbe etwa um die Mitte der Miocänzeit vollendet war. Allein noch fehlt ein wesentlicher Punkt in dem heutigen Charakter des Atlantischen Ozeanes, welcher dessen zoogeographische Eigentümlichkeit ganz wesentlich bedingt, nämlich seine Abgeschlossenheit in der tropischen, nördlich gemäßigten und dem größten Teile der südlichen gemäßigten Zone, so daß derselbe, abgesehen von der Verbindung um das Kap der Guten Hoffnung, nur mit dem Nördlichen und mit dem Südlichen Eismeere kommuniziert. Anfangs war die atlantische Region weder gegen den Indischen Ozean, noch gegen den Pazifischen Ozean abgesperrt, mit diesem stand sie in der Antillenregion in offener Verbindung, zu jenem führte ein langer Kanal von erheblicher Breite, das zentrale Mittelmeer, wie wir es in frühern Abschnitten kennen gelernt haben.

Die Art und Weise, wie die Absperrung gegen den Pazifischen Ozean vor sich ging, wurde schon erwähnt. In der Miocänzeit bildete sich zwischen dem nördlichen und dem südlichen Festlande von Amerika eine großenteils gebirgige Landverbindung, deren Reste wir heute noch in der Kette der Antillen sehen; die Wanderung einiger Säugetiere von Norden nach Süden und umgekehrt beweist uns die Existenz der Verbindung in jener Zeit, während anderseits die geringe Zahl der Typen, welche ausgetauscht wurden, zeigt, daß dieser Weg nur während kurzer Zeit frei stand. Das Antillenfestland wurde wieder zerrissen, und erst auf der Grenze zwischen der tertiären und der diluvialen Zeit stellt sich die länger dauernde Verbindung her, wie sie noch heute besteht, zahlreiche Edentaten wandern nach Norden, Mastodonten, Pferde, Tapire, Pekkari, Lama &c. nach Süden; daß diese Verbindung und speziell das letzte Glied der Kette, der aus vulkanischen Tuffen bestehende Isthmus von Panama, so jugendlichen Alters ist, geht einerseits aus den Verhältnissen der Säugetierfauna hervor, anderseits aus der Beschaffenheit der Meerestiere des Karibischen Meeres, von denen viele solchen des Stillen Ozeanes außerordentlich nahe verwandt sind.

Wahrscheinlich etwas früher als die Abschließung des Atlantischen Ozeanes gegen den Pazifischen fand diejenige gegen den Indischen Ozean statt; jener breite Kanal, welcher bis dahin in ostwestlicher Richtung existiert hatte, wurde zu Beginn des Miocän in seinem östlichen Teile trocken gelegt, der westliche Teil wurde zu einem Binnenmeere, das mit dem Atlantischen Ozeane in Verbindung steht, es bildet sich das Mittelländische Meer im heutigen Sinne aus, welches Afrika von Europa scheidet, und damit ist einer der wichtigsten Charakterzüge in der geographischen Gestaltung des westlichen Teiles der Alten Welt gegeben. Allerdings war dieses Mittelländische Meer des ältern Miocän erheblich größer als das heutige, es umfaßte noch in einer breitern oder schmälern Zone den nördlichen Fuß der Alpen und Karpathen und erstreckte sich im Osten bis nach Persien, und erst allmählich wurde der Umfang desselben geringer. Es fand jedoch nicht etwa eine gleichmäßig fortschreitende Abnahme des Areales statt, sondern die Umgestaltung geschah in äußerst unregelmäßiger Weise mit außerordentlich bedeutenden Schwankungen. Wir können hier nicht auf Einzelheiten zurückkommen, die bei Besprechung der verschiedenen Abteilungen des Tertiär schon angeführt wurden, im allgemeinen läßt sich der Vorgang in der Weise ausdrücken,

daß im Verlaufe des Miocän und namentlich während seiner letzten Phase eine stete Einengung des Mittelmeeres vor sich ging, so daß dasselbe im untern Pliocän die geringste Ausdehnung zeigt, welche es jemals erreichte; während der pontischen Stufe ist es auf ein Minimum eingeschrumpft, und seit dieser Zeit ist es durch stets sich erneuernde Einbrüche wieder im Wachsen begriffen. Das Adriatische Meer wurde seither bedeutend erweitert, eine vermutlich im Tyrrhenischen Meere vorhandene große Insel zertrümmert, ein breiter Streifen Land an der Nordküste von Afrika verschwand, das Meer erreichte die syrische Region, und das Ägeische und das Schwarze Meer gliederten sich als neugebildete Becken dem Mittelmeere an. Ja, während einer kurzen Zeit, im Verlaufe des Pliocän, wurde sogar die Verbindung mit dem Indischen Ozeane wiederhergestellt, indem das Mittelländische Meer zeitweilig mit dem neuentstandenen Roten Meere zusammenhing.

Seit sehr früher Zeit sehen wir das Mittelmeer und seine Umgebung als den Schauplatz überaus tief greifender geologischer Veränderungen, der Wechselwirkung der Aufrichtung mächtiger Gebirgsketten und der Versenkung mächtiger Schollen der Oberfläche. Vergleichen wir z. B. die Verbreitung des Meeres zur Zeit des untern Miocän mit derjenigen, welche zu Beginn des Jura, im Lias, in dieser Gegend herrschte, so finden wir in manchen Punkten auffallende Ähnlichkeit; der Kaukasus bildet den östlichsten bekannten Punkt des Vorkommens von marinem Lias, im Süden reichte das Meer bis an die nordafrikanische Wüstentafel, und der Nordrand der Karpathen bildete damals annähernd das Nordufer des Meeres. Waren auch im Nordwesten die Verhältnisse zur Liaszeit sehr wesentlich andre, so finden wir doch im übrigen große Analogie in der Umgrenzung des Mittelmeeres zwischen Lias und Miocän. Dazwischen aber liegt die Zeit des mittlern und obern Jura, der Kreide und des untern Tertiär, während deren eine breite Meeresstraße bis zum Golf von Bengalen reichte. Mit Verwunderung sehen wir nach ungezählten Jahrmillionen eine Konfiguration wiederkehren, die endgültig verschwunden schien, und mit Recht wird man daran zweifeln, daß der heutige Zustand ein bleibender sei; wenn irgendwo in unsern Gegenden, dürfen wir im *Mittelmeergebiete für die kommenden geologischen Zeiträume tiefgreifende Veränderungen* erwarten; werden sie zu einer Einengung des Beckens führen, oder wird vielleicht die alte Verbindung mit dem Indischen Ozeane in der Zukunft wieder eröffnet werden, das sind Fragen, die wir nicht entscheiden können, jedenfalls aber zeigen die gewaltigen Erderschütterungen im Gebiete des Mittelmeeres und in den östlich angrenzenden Ländern, daß dieser Teil der Erdrinde noch nicht zur Ruhe gekommen ist.

Es kontrastiert das auffallend mit den Verhältnissen, die wir im Atlantischen Ozeane sehen, nirgends treten uns hier Spuren so starker Schwankungen entgegen; nur in der Antillenregion haben wir Anzeichen einer ähnlich verwickelten Bildungsgeschichte, wie sie im Mittelmeere vorliegt, und wenn wir den Bau Westindiens ins Auge fassen, so wird auch sofort klar, worauf dieses Verhältnis beruht; hier wie im Mittelmeere läuft die Begrenzung der Küsten größtenteils im Streichen der Schichten und im Gebiete sehr junger Gebirgsbildung, und damit ist der erwähnte unregelmäßige Gang der Erscheinungen verbunden, während die atlantischen Küsten, mit Ausnahme Westindiens, fast ausschließlich im Gebiete alten Gebirges liegen und nicht dem Streichen der Schichten folgen.

Fassen wir den Zustand von Wasser und Land in wenigen Worten zusammen, so finden wir etwa folgendes: Uralt und bleibend in aller Veränderung der übrigen Verhältnisse ist das große Becken des Stillen Ozeanes, das nach Süden mit dem Eismeere in offener Verbindung steht. Während Jura und Kreide sind zwei große Landmassen vorhanden, die eine größtenteils in der nördlich gemäßigten, die andre in der äquatorialen Region; beide sind ostwestlich verlängert und durch einen breiten ostwestlich verlaufenden Kanal voneinander getrennt. Während des Tertiär zerfällt die nördliche wie die südliche Landmasse,

die erstere in Europa-Asien und Nordamerika, die letztere in Vorderindien, Afrika und Südamerika; zwischen den sich erhaltenden Teilen jener alten Kontinente hat sich das atlantische Becken gebildet, und nun treten die beiden westlichen und die beiden östlichen Teilstücke miteinander in Verbindung, Nordamerika kommt in Zusammenhang mit Südamerika, Europa-Asien mit Afrika und Indien, und damit ist der Grundzug der heutigen geographischen Lage gegeben.

Naturgemäß muß diese Umgestaltung den größten Einfluß auf die tiergeographischen Verhältnisse üben; konnte sich früher infolge des Vorhandenseins eines von der Antillenregion bis Bengalen verlaufenden Kanales die Meeresbevölkerung der wärmern Regionen über die ganze Erde ziemlich gleichmäßig verbreiten, so wird das nun anders: in dem nordsüdlich verlaufenden Atlantischen Ozeane, der keine in warmen Regionen gelegene Verbindung mit andern Meeren besitzt, mußte sich eine selbständige Fauna entwickeln, die zur indopazifischen in einen scharfen Gegensatz tritt, einen Gegensatz, der mit der Länge der Zeit sich immer mehr verschärfen muß; eine ähnliche Wirkung auf die Landfauna und -Flora muß die Umgestaltung der Festländer üben, und so sehen wir im jüngern Tertiär und in der Jetztzeit eine weitgehender Spezialisierung und Lokalisierung der Lebewelt in hohem Grade günstige Anordnung von Meer und Festland Platz greifen.

---

8. Das Diluvium.

Inhalt: Allgemeine Verhältnisse des Diluvium. — Die alpinen Diluvialbildungen. — Das nordeuropäische Landeis. — Diluvialablagerungen in andern Teilen Europas. — Tier- und Pflanzenwelt der Diluvialzeit in Europa. — Klimatische Verhältnisse Europas in der Diluvialzeit. — Das außereuropäische Diluvium. — Ursachen der Kälteperiode. — Geologische Zeiträume.

Allgemeine Verhältnisse des Diluvium.

Die Unterschiede, welche sich im Zustande der Erde und ihrer Bewohner zu Ende der Tertiärzeit gegen heute geltend machen, sind nicht mehr von großer Bedeutung; das Klima war wahrscheinlich nur wenig wärmer als jetzt, in der Verteilung von Wasser und Land sind Abweichungen nur in Einzelheiten vorhanden, und auch in der Oberflächengestaltung der Festländer sind es nur noch die feinern Züge, namentlich der Thal- und Seenbildung, welche einer Umgestaltung entgegengehen. Die Meeresfauna steht der heutigen überaus nahe, während allerdings bei den Bewohnern des festen Landes weit größere Verschiedenheiten vorhanden sind. Noch treten hier auf allen Kontinenten zahlreiche jetzt meist ausgestorbene Riesenformen von Säugetieren auf, während von dem Herrn der heutigen Schöpfung, dem Menschen, selbst aus den jüngsten Tertiärschichten noch keine sichern Spuren vorliegen.

Der Übergang von der ältern zu der neuen Entwickelung fand nicht plötzlich und unvermittelt statt, sondern er trat langsam und allmählich während eines Zeitraumes ein, der zwar im Vergleiche zu einer der großen ältern Formationen sehr kurz, doch nach dem gewöhnlichen Maßstabe des menschlichen Lebens und der historischen Zeit gemessen immerhin noch ein sehr langer war und wahrscheinlich nach vielen Myriaden von Jahren zählte. Man bezeichnet diesen Abschnitt in der Regel mit sehr unpassend gewählten Namen als die diluviale oder quartäre Periode oder auch mit einem zwar geeignetern, aber wenig gebräuchlichen Namen als Pleistocän[1].

---

[1] Pleistocän von πλεῖστον, „das meiste“, und καινός, „neu“ oder „modern“. Diluvium, Sintflut, weil man früher die noachische Flut in diesen Zeitraum verlegte, später wenigstens diesen als durch große Überschwemmungen ausgezeichnet betrachtete. Quartär von quartus, „der vierte“, weil dieser Abschnitt auf das sogenannte dritte Zeitalter, das Tertiär, folgt.

Weder von den ältern noch von den jüngern Bildungen läßt sich das Diluvium durch irgend eine scharfe Grenzlinie scheiden. Betrachten wir z. B. die an Meeresmuscheln reichen Ablagerungen an den Rändern des Mittelmeeres, deren Konchylien überwiegend aus jetzt noch in denselben Gegenden lebenden Arten bestehen, und die nur wenige ausgestorbene oder heute nicht mehr hier lebende Arten enthalten, so finden wir, daß diese letztern fremdartigen Elemente an einer Lokalität 90 Prozent, an einer andern etwa 92 Prozent, an einer dritten 95 Prozent, dann wieder 96 oder 98 Prozent ausmachen, so daß eine Grenzziehung nur in rein willkürlicher Weise möglich ist. Ähnlich verhält es sich mit den Festlandsbildungen, in welchen die wichtigsten und bezeichnendsten Fossilien, die Säugetiere, uns im Stiche lassen. Gerade die hervorragendsten Formen, der gewaltige Elefant des obern Pliocän, Elephas meridionalis, das Flußpferd, Hippopotamus major, und manche andre, kommen auch noch in den ältesten diluvialen Absätzen vor, so daß auch hier der Übergang ein durchaus allmählicher ist.

Ganz in derselben Weise gestaltet sich das Verhältnis zwischen quartären und rezenten Vorkommnissen. Man hatte geglaubt, daß der Mensch erst nach Schluß der Diluvialzeit auf Erden erschienen sei, und lange Zeit hindurch hielt man auf die Autorität von Cuvier hin den Satz aufrecht, daß es keinen fossilen Menschen gebe. Homo sapiens wäre somit eine entscheidende Leitform für die moderne Entwickelung, und man könnte getrost nach dem Vorkommen von Knochenresten oder Werkzeugen von Menschen die Trennung beider Perioden vornehmen. Allein diese Annahme hat sich als irrig erwiesen, und nach langem Zögern war man genötigt, sich der überwältigenden Macht der Thatsachen zu fügen und anzuerkennen, daß in echten Diluvialbildungen, zusammen mit Mammut und Höhlenbären, mit wollhaarigem Rhinozeros und Löwen, der Mensch schon in Europa existierte, und somit fällt auch hier jede feste Grenze weg. Man pflegt jetzt nach andern Merkmalen eine Abtrennung vorzunehmen, man bezeichnet diejenigen Bildungen als moderne, seit deren Ablagerung keine merkliche Veränderung des Klimas, der Thalsysteme und des Wasserniveaus in Seen und Flüssen, keine Umgestaltung von Faunen und Floren mehr stattgefunden und auch in der geographischen Verbreitung der Pflanzen und Tiere keine andern Verschiebungen mehr stattgefunden haben als diejenigen, welche mittelbar oder unmittelbar durch das Eingreifen des Menschen bedingt sind.

Natürlich ist auch eine solche Abgrenzung sehr weit davon entfernt, eine scharfe zu sein; wie wir im ersten Bande dieses Werkes gesehen haben, sind selbst noch in geschichtlicher Zeit im Unterlaufe mancher Flüsse, namentlich des Hoangho und des Amu Darja (Oxus), sehr erhebliche Veränderungen vor sich gegangen. Wir brauchen aber gar nicht nach so ausnahmsweisen, wenn auch auffallenden Beispielen zu greifen; jeder Flußlauf, dessen Thalweg noch nicht fertig ist (s. Bd. I, S. 429), arbeitet fortwährend durch Ausnagung oder Aufschüttung an der Erhöhung oder Vertiefung seines Bettes, und im Verlaufe vieler Jahrtausende häufen sich die Ergebnisse dieser allmählichen, aber unablässigen Thätigkeit zu großen Beträgen an. Wenn wir also die Grenze zwischen diluvialen und modernen Bildungen in der oben angegebenen Weise ziehen, so ist damit nichts andres gesagt, als daß der seit Ende der Diluvialzeit verflossene Zeitraum zwar, nach Jahrhunderten gezählt, ein sehr langer, aber doch zu kurz ist, als daß sich während desselben allgemein namhafte geologische Veränderungen nachweisen ließen. Ebensowenig liefert die Verbreitung der Säugetiere ein genaues Resultat, da wir in sehr vielen Fällen nicht sagen können, ob dieses oder jenes Tier infolge von Änderungen in den klimatischen Verhältnissen und der dadurch bedingten Verschiebung des Vegetationscharakters verschwunden oder durch den Menschen ausgerottet worden ist, oder ob und in welchem Maße beiderlei Faktoren zusammengewirkt haben. Ja, in manchen Fällen wird die Abgrenzung in andrer

Weise erfolgen, je nachdem wir nach dem einen oder dem andern Anhaltspunkte urteilen. So kommen in den Anschwemmungen der Theiß im ungarischen Tieflande, die man nach ihrer Lagerung und ihrem Verhältnisse zu dem heutigen Niveau des Flusses entschieden als moderne Bildungen betrachten müßte, Reste von Mammut, Rhinozeros und andern Säugetieren vor, welche als die bezeichnendsten Typen der Diluvialzeit gelten.

Trotz dieser innigen Verbindung nach oben wie nach unten zeigt jedoch das Diluvium so viele und merkwürdige Eigentümlichkeiten, daß es ganz berechtigt ist, dasselbe als einen selbständigen Abschnitt zu behandeln, allerdings nicht, wie es gewöhnlich geschieht, als eine dem Tertiär gleichwertige Formation, sondern es wäre am richtigsten, die Bildungen als eine oberste Stufe des Tertiär zu behandeln. Immerhin ist das vorläufig nicht gebräuchlich, und es wäre nicht ratsam, hier von der allgemeinen Gewohnheit abzuweichen.

In der äußern Erscheinung weichen, in ihrer Gesamtheit genommen, die diluvialen von allen ältern Bildungen sehr erheblich durch die außerordentlich geringe Menge von Ablagerungen aus dem Meere und aus größern Binnenseen ab; die Verschiebungen im Stande von Meer und Festland sind eben in diesen jungen Zeiten so gering, daß nur sehr wenige marine Sedimente über dem heutigen Wasserspiegel vorhanden sind, und auch die Fälle von Austrocknung oder starkem Einschrumpfen großer Binnenseen seit der Diluvialzeit sind spärlich genug. In um so größerer Verbreitung treten die Absätze fließender Wasser, in Form von Schotterbänken, Sanden, Thon und Lehm auf, zu ihnen gesellen sich massenhaft sogenannte Eluvialgebilde, welche ihren Ursprung der Umgestaltung und Umschwemmung älterer Gesteine an Ort und Stelle verdanken. Außerdem finden sich ausgedehnte Torfmoore, ferner „äolische", d. h. vom Winde zusammengetragene, Massen &c. Als das merkwürdigste und wichtigste Glied aber erscheinen in weiter Verbreitung mächtige Gletschergebilde, Moränen und umgelagertes Moränenmaterial, welche von riesigen, weite Länderstrecken bedeckenden Eismassen herrühren.

Während diese letztern Vorkommnisse allerdings bis zu einem gewissen Grade eine Eigentümlichkeit des Diluvium bilden, können wir mit Sicherheit sagen, daß die übrigen Festlandsbildungen in gleicher Weise auch in den frühern Perioden der Erdgeschichte vorhanden waren, wenn sie aus diesen nur in verhältnismäßig geringer Menge auf uns gekommen sind; selbstverständlich sind derartige Oberflächengebilde bei jeder Veränderung der Zerstörung durch Erosion am meisten ausgesetzt, es ist wenig Aussicht vorhanden, daß sich dieselben durch lange Zeiträume erhalten. Würden z. B. unsre Gegenden unter das Wasser des Meeres tauchen, so würden in erster Linie die großenteils losen Diluvialmassen von der vordringenden Brandung abgetragen werden; würde eine sogenannte Hebung eintreten, so würde die nun energischer angreifende subaerische Denudation ebendiese Ablagerungen vor allem vernichten. Seit dem Ende der Diluvialzeit ist kein derartiges Ereignis vorgekommen, und darum liegen uns aus diesem Zeitraume solche sonst nur vereinzelt erhaltene Bildungen in Menge vor. Sie setzen die oberflächliche Deckschicht zusammen, welche die ältern Gesteine zu verhüllen pflegt, und ihr verdanken namentlich in den flachen und hügeligen Gegenden Landschaft und Vegetation einen großen Teil ihres Charakters. Wären sie nicht vorhanden, so würden riesige Landstriche, die heute von fruchtbarem Lehm überzogen sind, eine kahle, steinige Ausbreitung von festem Fels darstellen und dem Pflanzenwuchse wenig günstige Bedingungen bieten. In der That ist weitaus der größere Teil der Festlandsoberfläche von quartären Bildungen bedeckt, und schon dieser Umstand allein muß dem Studium derselben, abgesehen von allen andern Rücksichten, große Bedeutung verleihen.

Wenn man allerdings die meisten geologischen Karten, namentlich die Übersichtskarten in kleinem Maßstabe, betrachtet, so scheint das Verhältnis ein ganz andres zu sein, und das Diluvium nimmt nur einen verhältnismäßig geringen Raum ein. Allein eine solche

Darstellung entspricht nicht der Natur, sie ist nur aus Zweckmäßigkeitsrücksichten gewählt, um bessern Überblick über den geologischen Bau zu gewähren. Wollte man das Diluvium in seiner vollen Ausdehnung in die Karten einzeichnen, so würde, abgesehen von den bedeutendern Gebirgen, von den Wüstenstrecken und Karstregionen, fast alles von einem gleichartigen Mantel der jungen Deckschichten umhüllt erscheinen, aus dem nur hier und da die ältern Gesteine hervorsehen. Eine derartige Karte würde es aber nur zu oft schlechterdings unmöglich machen, sich ein Bild von dem Baue des festen Felsgerüstes zu machen, und so hat man sich vielfach daran gewöhnt, auf den Karten die Diluvialbedeckung überall zu ignorieren, wo sich die Beschaffenheit des Untergrundes mit Sicherheit oder mit großer Wahrscheinlichkeit erkennen läßt. Allerdings gibt auch diese Methode vielfach ein sehr unrichtiges Bild. Betrachtet man z. B. eine Karte von Rußland, so findet man, daß Jura, Perm, Kohlenformation, Devon, Silur ungeheure Flächen einnehmen; wer sich danach ein Bild von der Beschaffenheit des Landes machen würde, müßte erwarten, allerorten zahlreiche anstehende Partien und Aufschlüsse dieser Ablagerungen zu finden. In Wirklichkeit aber kann man in den meisten Gegenden Rußlands Tagereisen weit im Wagen dahinjagen, ohne etwas andres zu Gesicht zu bekommen als diluvialen Lehm, Thon und schwarze Erde; sie bedecken fast das ganze Gebiet, und nur da, wo größere Flüsse sich tiefe Betten in die Ebene eingeschnitten haben, reichen sie bis auf die ältern Formationen hinab, und nur an diesen von den Geologen eifrig aufgesuchten Stellen kann man sich ein Bild von der Zusammensetzung des Untergrundes machen. Da aber diese ältern Schichten fast vollständig horizontal und ungestört liegen, so kann man durch Kombination der einzelnen an Flüssen gegebenen Profile leicht mit annähernder Genauigkeit auch für die verdeckten Striche den Bau der tiefern Lagen angeben, und auf diese Art sind die gegenwärtig allgemein verbreiteten Karten von Rußland entstanden. Ganz ähnlich verhält es sich auch in andern Gegenden, wenn auch vielleicht nur wenige große Landstrecken vorhanden sind, an welchen dieses Verhältnis in so extremer Weise hervortritt.

Infolge der außerordentlichen Verbreitung und der gewöhnlich bedeutenden Fruchtbarkeit der diluvialen Vorkommnisse sind dieselben von größter Bedeutung für den Ackerbau; liefert uns die Karbonformation die Hauptmasse der Kohle, Perm- und Triasformation Salz, so spendet uns das Diluvium mehr als jeder andre Untergrund Korn. Von andern nutzbaren Produkten sind namentlich Gold und Zinn zu nennen, von denen die Hauptmasse der in den Verkehr kommenden Mengen aus diluvialen Geröllagern in sogenannten Seifenwerken gewaschen wird; auch Platin wird auf diese Weise gewonnen, und die Eisensteine, welche von den Negern Innerafrikas geschmolzen werden, scheinen auch diluvialen Alters zu sein; sonst ist nicht viel vorhanden; Ziegellehm, Kalktuffe als Baumaterial (Travertin), schlechte Kohle, etwas Torf können etwa noch angeführt werden.

So groß die Ausbreitung der quartären Ablagerungen, und so viele Gelegenheit zur Beobachtung dieser oberflächlichen Gebilde an den meisten Punkten vorhanden ist, so bietet doch deren Studium ganz außergewöhnliche Schwierigkeiten, da der rasche Wechsel der Entwickelung, der häufige Mangel an regelmäßiger Schichtung und die große Seltenheit von Fossilien in vielen Vorkommnissen einen genauern Vergleich zwischen verschiedenen Gegenden ganz außerordentlich erschweren. Da nun überdies gerade bei den Festlandsgebilden, die uns hier ganz vorwiegend entgegentreten, allgemein der Charakter sehr stark und weit mehr als bei marinen Vorkommnissen von den örtlichen Verhältnissen beeinflußt ist, so zerfällt die geologische Darstellung des Diluvium mehr noch als die des Tertiär in eine Reihe von Lokalschilderungen, aus denen dann erst allmählich einige allgemeinere Ergebnisse hervortreten.

Weitaus die merkwürdigste und wichtigste Erscheinung, die uns entgegentritt, ist die

große Ausbreitung von Eismassen, welche in der quartären Zeit über einen beträchtlichen Teil der Erde stattfand; Gletscher und Inlandeis von ungeheurer Ausdehnung waren in den verschiedensten Gegenden vorhanden und haben ihre deutlichen Spuren hinterlassen, wir begegnen hier einer Kälteperiode, deren Temperatur jedenfalls um einige Grade niedriger war als die jetzige. Allerdings war nicht die ganze Diluvialzeit durch niedrige Temperatur ausgezeichnet, zu Anfang und zu Ende war das Klima von dem heute herrschenden wenig verschieden, und auch um die Mitte der quartären Perioden machten sich mannigfaltige Schwankungen geltend, es traten Zwischenzeiten ein, in welchen die Temperatur stieg und das Eis zurückging.

Welche Spuren Eismassen hervorbringen und wir daher von ihrem frühern Vorhandensein erwarten können, ergibt sich aus der im ersten Bande dieses Werkes enthaltenen Schilderung der Thätigkeit heutiger Gletscher. Die Schuttanhäufungen der Moränen mit regellos gehäuftem Materiale, mit geschrammten und gekritzten Geschieben, mit großen, über weite Strecken transportierten Blöcken bilden ein Hauptmerkmal; dazu gesellen sich rundhöckerige, geglättete und geschrammte Beschaffenheit des Untergrundes und eine Reihe andrer untergeordneter Merkmale; endlich wird uns die Pflanzen- und Tierwelt, soweit Spuren derselben vorhanden sind, durch das Vorkommen nordischer Formen in südlichen Gegenden, von alpinen Typen in den Ebenen weitere Anhaltspunkte zur Beurteilung an die Hand geben.

Wenn wir die Verbreitung derartiger Vorkommnisse zunächst in Europa ins Auge fassen, so finden wir, daß dieselben Landstrecken von zweierlei verschiedener Art einnehmen; einerseits treten sie in Gebirgen auf, welche noch heute ausgedehnte Gletscher tragen, z. B. in den Alpen und in den skandinavischen Hochländern, und sie stellen hier nur eine allerdings sehr bedeutende Vergrößerung der noch heute thätigen Phänomene dar, anderseits aber finden sie sich auch fern von jedem noch thätigen Herde bleibender Eisbildung, entweder in niedrigen Gebirgen, wie in den Vogesen, dem Schwarzwalde, dem Böhmerwald, den Karpathen 2c., oder auch in Tiefebenen, im norddeutschen Flachlande, in Holland, der polnischen und russischen Ebene. Die richtige Deutung mußte natürlich von den erstern Gebieten ausgehen, in welchen der Vergleich mit den heutigen Gletschern den Schlüssel zum Verständnisse lieferte, und in der That wurde der erste entscheidende Schritt in der Schweiz gethan, wo die Glazialphänomene noch heute die größte Entwickelung erreichen.

Erst verhältnismäßig spät hat sich die richtige Erkenntnis Bahn gebrochen und allgemeine Verbreitung gefunden; natürlich waren die merkwürdigen Erscheinungen, welche auf Eiswirkung hinweisen, sehr früh beobachtet worden, und namentlich haben die **erratischen Blöcke** die allgemeinste Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Man versteht darunter, wie früher erwähnt, lose Blöcke, welche oft sehr weit entfernt von jeder Spur eines anstehenden Vorkommens desselben Gesteines frei an der Oberfläche oder umhüllt von Diluviallehm liegen. Ganz **Norddeutschland**, **Holland**, die **polnische Ebene** und ein großer Teil von **Rußland** sind mit solchen Findlingen überstreut, deren Zahl allerdings schon sehr stark abgenommen hat, da man dieselben in steinarmen Flachlandsbezirken im größten Maßstabe als Straßenschotter, als Baumaterial 2c. verwendet hat. Manche von diesen Blöcken erreichen riesige Dimensionen; einige gewaltige Granittrümmer waren im **Fürstenwalde bei Berlin** vorhanden, deren Länge zwischen $5^1/_2$ und 8 m schwankt, und von welchen eins das Material zu der riesigen Granitschale vor dem Berliner Museum geliefert hat. Ähnliche Massen werden von **Tychow bei Belgard in Pommern**, von **Watzow im Amte Wittemburg in Mecklenburg**, von **Neubrandenburg** 2c. erwähnt, der **Hesselagerstein** auf der dänischen Insel Fünen erreicht sogar einen Inhalt von 400 cbm, und auch in Rußland kommen ähnliche gewaltige Gesellen vor, während kleinere in unzählbarer Menge auftreten.

In derselben Weise finden wir in den Thälern der Alpen und in ihrem Vorlande erratische Blöcke zerstreut, die zum Teile noch ungleich größer sind; der Pflugstein zwischen Erlenbach und Wetzweil in der Schweiz wird von Escher von der Linth auf mehr als 2000 cbm geschätzt, obwohl schon viel Material von demselben weggebrochen worden ist, und ein andrer Block im Steinhof bei Seeberg bleibt nicht weit hinter diesem zurück. Die pierre à la Bot, ein Gneißblock, welcher auf dem Gehänge eines Hügels fast 300 m über dem Spiegel des Neuchâteler Sees liegt, hat mehr als 1000 cbm, ja einem Kalksteinblocke, der bei Bex im Rhonethale im Kanton Wallis auf dem Hügel Montet ruht, wird sogar eine Masse von mehr als 5000 cbm zugeschrieben.

Solche Findlinge sind in den Alpen durchaus nicht auf die Schweiz beschränkt, sie finden sich auch weiterhin in der oberschwäbischen und bayrischen Hochebene, wo z. B. bei Au in der Nähe von Miesbach und bei Kempfenhausen in der Nähe des Starnberger Sees mächtige Trümmer kristallinischer Gesteine liegen.

Sofort lehrte die Betrachtung, daß die fremden Blöcke außerordentlich weite Wege zurückgelegt hatten; die Gneiße und Granite, z. B. die an den Gehängen des Juragebirges in der Schweiz ruhen, stammen aus der Zentralkette der Alpen, sie sind etwa aus dem hintersten Wallis durch das Rhonethal über die Molassenniederung hinüber auf die Höhen des Jura gelangt, und Ähnliches ergab sich in andern Gegenden des alpinen Bezirkes. Noch auffallender aber war die Sache, als der Nachweis geliefert wurde, daß ein sehr großer Teil der Geschiebe, welche über die norddeutsche Ebene ausgestreut sind, aus Schweden, Norwegen oder aus den russischen Ostseeprovinzen stammt.

Natürlich konnte man nicht daran denken, daß durch die gewöhnlichen Transportmittel, durch einen Fluß, einen Strom rc., die Verfrachtung dieser riesigen Trümmer stattgefunden habe, und man suchte nach einer andern Erklärung. Daß man zur Zuhilfenahme von Gletscherwirkung, welche uns jetzt so naheliegend scheint, sich lange nicht entschließen konnte, wird sehr begreiflich, wenn wir die damalige Entwickelung des geologischen Wissens überhaupt ins Auge fassen; die Bekanntschaft mit den Bewegungen der alpinen Eisströme und ihrer Thätigkeit war noch eine geringe, vor allem aber mußten die Anschauungen über die ehemaligen klimatischen Verhältnisse der Erde der Annahme einer Kälteperiode die größten Hindernisse entgegensetzen. Man nahm noch ganz allgemein an, daß früher überall vom Pole bis zum Äquator eine tropische Wärme geherrscht habe, und daß erst seit Beginn der Tertiärzeit eine allmähliche Abkühlung bis zu dem heutigen Zustande stattgefunden habe. In der That stimmen ja mit einer derartigen, allerdings in ihren Grundlagen falschen Auffassung, wie wir gesehen haben, wenigstens der Hauptsache nach die Verhältnisse der europäischen Tertiärbildungen so ziemlich überein; wenn die Jetztzeit unmittelbar auf das jüngste Tertiär folgte, so könnte man aus den nacheinander auftretenden Veränderungen der gesamten Fauna und Flora auf eine langsame und regelmäßige Abkühlung schließen. So aber sollte plötzlich in einer diluvialen Kälteperiode eine mit allen hergebrachten Ansichten absolut unvereinbare Unregelmäßigkeit im Gange der Temperatur eintreten, die Ergebnisse aus dem Studium aller ältern Perioden erschienen dadurch gefährdet, kein Wunder, daß man eine solche Annahme möglichst zu vermeiden suchte.

Die erste Vermutung, die sich anfangs ziemlich allgemeiner Anerkennung zu erfreuen hatte, war wohl die, daß die Wanderblöcke durch furchtbare Sturmfluten fortgewälzt worden seien. Im Kindheitsstadium der geologischen Wissenschaft war man ja überhaupt geneigt, als die Ursache jeder großartigen und außergewöhnlichen Erscheinung stets riesige, rasch verlaufende Katastrophen anzunehmen, da man von der Länge der geologischen Zeiträume und von der Wirkung lange andauernder kleiner Veränderungen noch keine genügende Vorstellung hatte. In der That kann auch gar nicht geleugnet werden, daß plötzlich

vorbrechende Wasserfluten unter Umständen selbst gewaltige Blöcke auf weite Strecken fortzuschleppen im stande sind, wie wir das z. B. bei der Schilderung des Bergsturzes von Anguri in Armenien gesehen haben (s. Bd. I, S. 417). Wenn dies aber auch zugestanden werden mag, so mußte doch eine unbefangene Prüfung der Phänomene, wie sie sich in Wirklichkeit darstellen, zu der Überzeugung führen, daß hier von einem solchen Vorgange nicht die Rede sein könne. Fassen wir etwa die Verhältnisse in der Schweiz ins Auge, so könnte z. B. eine furchtbare Flut einen Block von 1000 cbm Inhalt im Thalwege des obern Rhonethales, im Wallis, fortschleppen, wenn aber nicht früher, müßte er im Genfer See liegen bleiben. Die Fluthypothese aber fordert, daß z. B. die oben erwähnte pierre à la Bot nicht nur durch den Genfer See durch und über das flache Hügelland am Fuße der Alpen fortgewälzt, sondern auch noch jenseit des Neuenburger Sees 300 m hoch an den Gehängen des Juragebirges hinaufgeschleudert worden sei. Es bedarf keiner langen Auseinandersetzungen, um klarzumachen, daß eine solche Annahme vollständig unzulässig ist, und man mußte daher nach einer andern Erklärung suchen.

Schon ganz im Anfange unsers Jahrhunderts sprach der englische Geolog Playfair aus, daß die erratischen Blöcke der Schweiz durch Gletscher transportiert worden seien, ohne, wie es scheint, für seine Ansicht Aufmerksamkeit oder Anerkennung zu finden. Unabhängig von diesem Vorgänger sprach sich der Ingenieur Venetz aus Sitten in Wallis im Jahre 1821 in demselben Sinne aus, allgemeine Beachtung fand die Sache erst anderthalb Dezennien später durch die eingehenden Untersuchungen von Charpentier, welche auf der einen Seite den lebhaftesten Widerspruch, aber auch anderseits ebensolchen Beifall hervorriefen. Durch L. Agassiz, Desor, Escher, Favre, Forbes, Martins, Schimper und zahlreiche andre wurden zunächst die jetzigen Gletscher einem eingehenden Studium unterzogen und dadurch die wissenschaftliche Grundlage befestigt und erweitert. Aber auch in theoretischer Beziehung ging man über Charpentiers erste Ansichten hinaus, man nahm an, daß eine weitverbreitete Kälteperiode, die Eiszeit, wie Schimper sie nannte, sich auf der Erde geltend gemacht habe, und es fehlte nicht an weitgehenden Übertreibungen in dieser Richtung. So tauchte die Hypothese auf, daß eine Eisdecke die ganze Erde überzogen habe, die alles Leben vertilgte; die Alpen existierten angeblich damals noch nicht, sondern ihre Hebung begann erst während der Eisbedeckung, sie durchbrachen dabei die gefrorne Hülle, und auf dieser glitten nun die erratischen Blöcke in weite Ferne. Es ist das eine merkwürdige Verquickung der Cuvierschen Katastrophentheorie und der Hypothesen über Gebirgsbildung von Beaumont mit der neuen Lehre von der Eiszeit, und man sah darin das „Kataklysma", welches die tertiäre Lebewelt austilgte und Raum für die neue Schöpfung unsrer Epoche vorbereitete (s. Bd. I, S. 25 u. 29).

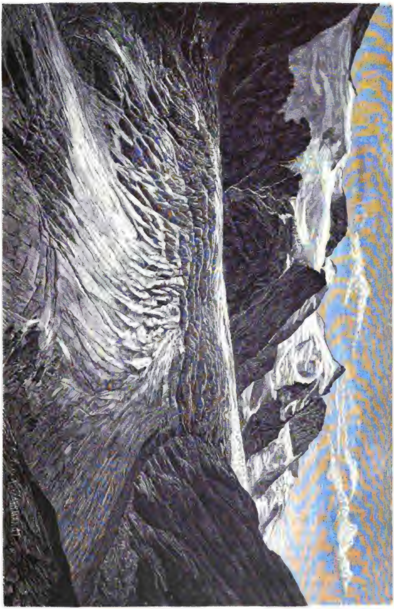
Es konnte nicht fehlen, daß solche Überschwenglichkeiten der Gletschertheorie zahlreiche und energische Gegner erwecken mußten. Namentlich die Lyellsche Drifttheorie stellte sich jener entgegen; man sah wohl ein, daß zur Fortbewegung großer Blöcke die Mithilfe von Eis unerläßlich sei, man nahm aber weder eine allgemeine Vereisung noch auch eine Ausdehnung der Gletscher über das ganze Areal an, auf welchem erratische Findlinge auftreten, sondern diese sollten vorwiegend durch schwimmende Eisschollen verfrachtet sein. Wir haben gesehen, daß z. B. an der grönländischen Küste die Gletscherzungen bis ans Meer herabreichen, daß die Enden derselben sich fortwährend loslösen und als Eisberge davonschwimmen. Mit dem Eise wird auch das auf demselben ruhende oder ihm anhaftende Moränenmaterial fortgetragen und durch Meeresströmungen größtenteils nach Süden geführt. Schmilzt nun der Eisberg, oder strandet er an einer Küste, so werden Steine und Schutt an derselben Stelle liegen bleiben (s. Bd. I, S. 525). Man dachte also, daß z. B. die nordeuropäische Ebene bis an den Rand der mitteldeutschen Gebirge von Wasser

bedeckt war, daß das Eis von großen skandinavischen Gletschern herrühre und durch Strömungen herbeigedriftet werde; ähnlich sollte die niedrige Landschaft zwischen Jura und Alpen unter Wasser gestanden haben, auf welchem alpine Eismassen trieben.

Diese „Drifttheorie“ wurde zwar für die Alpen und die vor ihnen liegenden Niederungen bald wieder verlassen, sie erhielt sich aber für die Vorkommnisse in Norddeutschland und ähnliche Flachlandsregionen sehr lange in allgemeiner Anerkennung. Erst in neuerer Zeit hat sich ein Umschwung der Auffassung vollzogen, und nach dem Vorgange des schwedischen Forschers Torell nimmt man jetzt an, daß die skandinavischen Gletscher quer über die Ostsee bis an den Rand der mitteldeutschen Gebirge, der Karpathen, in Rußland bis an die Ufer des Dnjepr gereicht haben. Um die Berechtigung der einzelnen Ansichten zu beurteilen, ist es vor allem notwendig, einige der wichtigsten Vorkommnisse kennen zu lernen; wir wählen als erstes Beispiel die Alpen, in welchen uns wegen des unmittelbaren Anschlusses der ältern Glazialbildungen an ein noch jetzt teilweise vergletschertes Hochgebirge einfachere Verhältnisse vorliegen, welche am besten bekannt sind, und von welchen die Erkenntnis der ehemaligen weitern Verbreitung des Eises ausgegangen ist. Wir werden uns dann dem großen nordeuropäischen Gebiete zuwenden und endlich einen Überblick über die andern Gegenden zu gewinnen suchen, in welchen Spuren diluvialer Gletscherwirkung erkannt worden sind.

Die alpinen Diluvialbildungen.

Wir haben bis jetzt als das wichtigste Merkmal der glazialen Bildungen die großen erratischen Blöcke hervorgehoben, und sie sind auch jedenfalls die auffallendste Erscheinung, zugleich auch diejenige, welche zuerst die Aufmerksamkeit erregt und am unmittelbarsten zum Versuche einer Erklärung herausfordern mußte. Wenn wir aber tiefer in das Studium der diluvialen Bildungen eintreten, so überzeugen wir uns bald, daß nicht diese isolierten Massen als das Wesentlichste betrachtet werden dürfen, sondern daß sie nur einen einzelnen Fall eines weit allgemeinern und größern Phänomens, nämlich der Moränenbildung, darstellen. Wir haben bei der Schilderung der jetzigen Gletscher die Massen von Gestein und Schutt kennen gelernt, welche der Eisstrom auf seinem Rücken und an den Rändern trägt (Oberflächenmoränen) oder am Boden seines Bettes mit sich fortschleppt (Grundmoräne), und die er endlich alle an seinem Ende ablagert (End- oder Stirnmoräne). Das Auftreten durchaus ungeschichteter, diluvialer Moränen, in denen alle Bestandteile vom feinen Sandkorne bis zum gröbsten Blocke ohne jede Sichtung, wie sie das Wasser hervorbringt, bunt durcheinander liegen, ist das charakteristischste Merkmal, die bezeichnendste Ablagerung der Eiszeit, und die gewaltigen erratischen Blöcke sind eben nur die gröbsten Stücke des Moränenmateriales. Innerhalb der Moränenablagerungen treten stellenweise oft geschichtete Partien auf, bei deren Absatz Wasser beteiligt war, und welche ihre Anordnung in der Hauptsache unter dem Eise strömenden Bächen verdanken; ferner werden beim Rückzuge der Gletscher die Materialien der Moränen von Bächen und Flüssen in großartigem Maßstabe fortgespült und weiter thalabwärts wieder abgelagert, es bilden sich mächtige Massen von Geröllen, Konglomeraten, Sanden und feinen, dünn geschichteten Thonen. Endlich finden sich als Zeichen der ehemaligen Gletscherwirkung die früher beschriebenen Rundhöcker, abgeschliffene und geschrammte Felsoberflächen, und die gekritzten Geschiebe geben sich überall als ehemalige Bestandteile einer Grundmoräne zu erkennen. Wir brauchen hier nicht auf eine genauere Schilderung all dieser Erscheinungen einzugehen, da sie in einem frühern Abschnitte, bei Schilderung der Gletscherwirkung, ausführlich beschrieben wurden.



Der Pasterzengletscher am Großglockner.

Untersucht man in den Alpen und in ihrem Vorlande die Verbreitung solcher Spuren der Eiszeit, so findet man, daß so ziemlich in allen den großen, tief ins Innere des Gebirges einschneidenden Thälern riesige Gletscher herabstiegen. Das Eis mancher unter ihnen erreichte zur Zeit der größten Entfaltung eine Dicke von weit über 1000 m, wie man aus der Ausbreitung der Rundhöckerbildung, der Moränenreste und Findlinge an den Gehängen erkennen kann (s. Bd. I, S. 521); teilweise reichten diese riesigen Eisströme über die Grenze des Berglandes hinaus und breiteten sich in dem ebenen oder hügeligen Terrain zu einer ungeheuern Eisfläche aus.

Die einzelnen diluvialen Gletscher verhalten sich in dieser Beziehung sehr verschieden, und es ist von großer Bedeutung, die Ursachen kennen zu lernen, welche die größere oder geringere Entwickelung bedingen. In erster Linie werden natürlich die größten, sehr tief ins Innere des Gebirges eindringenden Thäler, in deren Gebiete sehr bedeutende Erhebungen liegen, die bedeutendste Entfaltung zeigen, da hier die mächtigsten Massen von Firnschnee zur Ernährung der Gletscher vorhanden sind. In den Nordalpen werden das Thal der Rhone (Wallis), des Rheines und des Inn darin am meisten bevorzugt sein. Abgesehen von der Größe und Höhenlage des Quellgebietes machen sich aber natürlich noch andre, nämlich klimatische, Einflüsse geltend; so werden auf der mildern Südseite die Eismassen sich nicht so weit über das flache Vorland der Alpen ausbreiten wie im Norden, da die wärmere Temperatur die Abschmelzung weit energischer vor sich gehen läßt, und in der That bildeten die aus den Thälern der Etsch, der Sarca, der Adda, des Oglio, des Tessin, der Dora und andrer südalpiner Flüsse sich vorschiebenden Gletscher kein zusammenhängendes Inlandeis über der Poebene, sondern nur einzelne derselben ragten etwas über den Gebirgsrand hervor und lagerten halbkreisförmige Moränenwälle vor den Thalausgängen ab.

Allein auch an der Nordseite der Alpen selbst machen sich noch bedeutende Verschiedenheiten geltend, welche durch keinen der bisher angeführten Gründe erklärt werden; wir finden nämlich im allgemeinen, daß die Gletscher im Osten sehr viel weniger entwickelt sind als im Westen. Wohl nimmt die Höhe des Gebirges in dieser Richtung ab, Steiermark, Ober- und Niederösterreich haben keine so bedeutenden Erhebungen aufzuweisen wie die Schweiz und Tirol; aber doch ist das nicht hinreichend, um uns verständlich zu machen, daß z. B. der Gletscher der Enns, wie A. Böhm gezeigt hat, den Rand der Alpen nicht erreichte, sondern sehr weit von demselben, ungefähr an der Grenze zwischen Steiermark und Oberösterreich, endete, und daß noch weiter gegen Osten die Gletscherspuren auf ein Minimum in den Hochregionen beschränkt sind. Es hängt das offenbar mit klimatischen Unterschieden zwischen den östlichen und westlichen Alpen zusammen, wie sie auch heute noch herrschen; wir sehen nämlich auch jetzt, je weiter man von Westen nach Osten vorschreitet, daß die untere Grenze der Region ewigen Schnees und der Gletscher immer weiter hinaufrückt, beide liegen in den Ostalpen höher als in den Westalpen, eine Erscheinung, die offenbar mit dem mehr kontinentalen Klima Osteuropas zusammenhängt. Gewiß bestand, wie Penck bemerkt, ein ganz ähnliches Verhältnis auch schon während der Eiszeit, und dem haben wir die geringe Ausdehnung der Eisströme im Ennsthale und in den östlichen Regionen zuzuschreiben. Diese Thatsache ist von Bedeutung, denn sie spricht in Verbindung mit einer Anzahl ähnlicher Erscheinungen, wie wir später sehen werden, dafür, daß während der Eiszeit in Europa nicht durchaus fremdartige klimatische Verhältnisse ohne Anknüpfung an den heutigen Zustand herrschten.

Nach diesen Auseinandersetzungen dürfen wir erwarten, daß einer der gewaltigsten Gletscher sich aus dem ganz im Westen der Nordalpen gelegenen Rhonethale entwickelt; das Wallis ist von den gewaltigsten Gebirgsmassen der Alpen eingerammt; der riesige Gebirgsstock der Finsteraarhornmasse liegt im Norden, im Süden die Monte Rosa- und

Montblancgruppe, im Osten im Thalhintergrunde das Gotthardmassiv, von allen Seiten ist das Thal von mächtigen Bergriesen umgeben. In der That tritt hier wohl der großartigste unter allen diluvialen Gletschern auf, der auch, was den Transport riesiger Blöcke anlangt, von keinem andern erreicht wird. In mächtigem Strome erreicht er den Gebirgsausgang, er überschreitet den Genfer See und breitet sich dann über dem niedrigen Lande zu einem unabsehbaren Eismeere aus.

Die Verfolgung der Grenzen im Flachlande bietet einige Schwierigkeiten, namentlich dann, wenn die Ausbreitungen zweier benachbarter Gletscher sich erreichen und beide in einen verschmelzen. Hier ist ein sehr mühsames und eingehendes Studium der einzelnen Geschiebe notwendig; soweit die charakteristischen Gesteine des obern Rhonethales, der Gruppen des Montblanc, des Monte Rosa, des Finsteraarhornes, der Galenstöcke sich finden, so weit hat auch der Rhonegletscher gereicht, und dasselbe gilt auch für die andern Gebiete. Diese Untersuchungen sind von den Schweizer Geologen mit großem Eifer gemacht worden, und namentlich A. Favre hat all diese Vorkommnisse bis in die kleinsten Einzelheiten verfolgt. Aus derartigen Studien ergibt sich, daß der Rhonegletscher sich jenseit des Genfer Sees über das ganze niedrige Hügelland bis an das vorliegende Juragebirge vorschob; hier aber stellte sich diese Gebirgskette hemmend in den Weg, das Eis konnte nicht weiter vorrücken und breitete sich nun über die Niederung zwischen Alpen und Jura aus; es teilte sich hier in zwei Arme, die sich nach entgegengesetzter Richtung bewegten, der eine folgte dem Rhonethale nach Südwesten und drang hier, durch den aus dem Arvethale von Chamonix kommenden Gletscher verstärkt, bis in die Gegend von Lyon vor. Hier schloß sich ihm der Gletscher des Isèrethales an, und beide vereint erstreckten sich noch weiter nach Süden. Der andre Ast des Rhonegletschers drang nach Nordosten über die Gegend des Neuchâteler und Bieler Sees, über die Stätten des heutigen Freiburg und Bern und durch das untere Aarthal bis Aarau vor, so daß dieses Ende des Eisstromes von dem südwestlichen mehr als 300 km entfernt liegt.

Gegen Osten gelangen drei viel kleinere, aber doch noch sehr bedeutende Eisströme in das Vorland, welche den Thälern der Reuß, der Aar und der Linth (Limmat) entstammen und hier in dem Hügellande sich ausbreiteten, so daß sie an den Rändern untereinander und mit dem Rhonegletscher zusammenschmolzen. Weiter östlich folgt dann wieder ein großartiger Gletscher ersten Ranges, welcher sich aus dem Rheinthale vorschiebt; wir finden hier zum erstenmal die merkwürdige Erscheinung, daß ein Gletscher sich schon im Gebirge selbst teilt; über die niedere Wasserscheide, welche das Rheinthal unterhalb Ragaz vom Wallenstädter See trennt, konnte sich ein Eisstrang von dem Rheingletscher abzweigen, der sich mit dem Linthgletscher vereinigte und denselben verstärkte. Die Hauptmasse aber ging dem Rheinthale entlang, es bedeckte die ganze Fläche des Bodensees und drang, da hier kein Gebirge hemmend in den Weg trat, in riesiger Breite weit nach Norden vor, den größten Teil der oberschwäbischen Ebene bis in die Gegend von Sigmaringen und Biberach verhüllend, wie die Untersuchungen von Probst ergeben haben.

Die weitern Gletscher, die nun folgen, sind von geringerer Bedeutung; namentlich aus den Thälern der Iller, des Lech, der Wertach, der Amper, der Loisach und der Isar treten sie in die Ebene heraus, doch handelt es sich hier ausschließlich um Thalgebiete, welche nicht bis in die Zentralalpen eindringen, sondern sich nur in der nördlichen Kalkzone verzweigen; ihre Ausdehnung ist viel geringer als die des Rheingletschers, aber immerhin ist dieselbe genügend, um eine weite Ausbreitung in der subalpinen Ebene zu gestatten, so daß sie hier untereinander und mit dem Rheingletscher verfließen, und wir haben daher eine zusammenhängende Eiswüste, welche sich am Nordrande der Alpen von Lyon in Frankreich bis Holzkirchen, südlich von München, erstreckte.

Da die Thalsysteme dieser kleinern Gletscher ganz in den Kalkalpen gelegen sind, so sollte man erwarten, daß sie nur Kalkgeschiebe in ihren Moränen enthalten, und bei dem Illergletscher ist das auch der Fall; in den andern Gebieten aber treten massenhafte kristallinische Findlinge aus der Zentralkette auf, und in ihrem Erscheinen macht sich die Einwirkung des dritten Hauptgletschers der Nordalpen geltend, welcher dem Thalsysteme des Inn entspricht. Die Größe des Inngletschers entspricht der großen Länge seines Laufes und der Menge bedeutender Zuflüsse, welche er erhält; der Hauptstamm kommt aus dem Engadin von den Gehängen der Berninagruppe und des Juliergebirges, bei Landeck münden von Westen her mächtige Zuflüsse aus den Thälern der Rosanna und Trisanna, im weitern Verlaufe von Süden her gewaltige Eismassen aus dem Ötzthale, dem Pitzthale, aus Selrain, aus Stubai, aus dem Zillerthale und einer Anzahl kleinerer Querthäler. Das weite Innthal kann diese ungeheuern Eismassen nicht fassen; wo eine etwas tiefere Einschartung des nördlichen Gehänges vorhanden ist, schieben sich Gletscherströme hinüber in das Gebiet des Lech, der Loisach, Isar ꝛc. So tritt ein Zweig über Nassereith und den Fernpaß in das Lechthal, ein zweiter schwächerer Strang erreicht über das Marienberger Joch das Loisachthal bei Lermoos, ein dritter überschreitet den Paß von Seefeld und gelangt durch die Leutasch ins Isarthal. Weiterhin wälzte sich eine mächtige Eismasse durch den Einschnitt des Achensees, die sich dann spaltet und teils, dem Ausflusse des Achensees folgend, in das Isarthal, teils über den Achenpaß und Kreuth in das Mangfallthal gelangte. In derselben Weise findet ein weiterer Eisabfluß durch das Brandenberger Thal und noch durch eine Anzahl andrer weiter abwärts gelegener Einschnitte statt, und auf diese Weise werden die Thalsysteme des Lech, der Loisach, Isar, Mangfall und Leitzach mit einer großen Menge kristallinischer Geschiebe versehen (s. die Karte, Bd. I, S. 519).

Die Hauptmasse des Inngletschers, allerdings durch diese bedeutenden Abflüsse etwas geschwächt, breitet sich dann am Nordrande des Gebirges weit aus und nimmt in seine Eisdecke den Gletscher auf, welcher aus dem Thale der Marquartsteiner Ache hervortritt. Gegen Westen stößt er jedoch nicht mit dem Isargletscher zusammen, obwohl sich beide sehr nahe kommen, sondern es zog sich, wie aus den Untersuchungen von Stark und Penck hervorgeht, zwischen denselben eine Zunge von eisfreiem Lande nach Süden, welche in der Gegend von Miesbach fast bis an den Rand der Alpen reicht und mit der außerordentlich geringen Eisentwickelung im Gebiete des Schliersees in Zusammenhang steht.

Östlich vom Inngletscher streckt sich noch der Salzachgletscher, der das Eis von der Nordseite der Hohen Tauern führt, weit in die Ebene hinaus, die er mit seinen Moränen bedeckt; er ist gegen Osten zu der letzte Gletscher, der sich über die Grenze des Gebirges hinausschiebt, weiterhin halten sich alle andern im Innern der Thäler. Von diesen östlichern Vorkommnissen ist der Ennsgletscher, welchen A. Boehm genau untersuchte, weitaus am bedeutendsten; in großer Mächtigkeit schob er sich thalabwärts, er sandte bedeutende Seitenäste gegen Norden, von denen einer durch das Traunthal nach dem Salzkammergute zog, während ein andrer über den Paß am Pyrn in das Steierthal eindrang. Doch sowohl der Hauptgletscher des Ennsthales als die von ihm abzweigenden Eisströme, die sich im Thale der Traun und Steier mit lokalen Gletschern verbanden, fanden ihr Ende lange, ehe sie den Alpenrand erreichten. Die östlicher gelegenen Teile der Nordalpen bis Wien haben bis jetzt nur sehr wenige Gletscherspuren erkennen lassen; sie sind allerdings noch wenig untersucht, allein so viel kann mit Sicherheit gesagt werden, daß die Eisentwickelung eine geringe war.

Der östlichen Region der Alpen gehört, abgesehen von zahlreichen kleinen Gletschern, ein gewaltiger Eisstrom an, welcher von der Südseite der Tauernkette und aus einem

Teile der Dolomitregion kam und sich durch das Drauthal nach dem mittlern Kärnten wälzte; hier wurde er durch einen mächtigen Zufluß aus dem Gailthale verstärkt und breitete sich nach Höfer über den größten Teil des Landes aus.

Was die Gletscher der Südalpen anlangt, so wurde schon oben kurz erwähnt, daß solche in allen namhaftern Thälern in bedeutender Mächtigkeit vorhanden waren, daß sie aber nicht, wie im Norden, sich zusammenhängend über die vorliegende Ebene ausbreiteten; sondern nur die stärksten unter ihnen berührten das Flachland und häuften hier an ihrem Ende Moränenmaterial an. Die Masse dieses letztern, welche hier auf geringem Raume vereinigt liegt, ist aus leichtverständlichen Gründen viel größer als in irgend einem gleich großen Striche der nordalpinen Hochebene; auf dieser wurde der Moränenschutt über sehr weite Flächen ausgebreitet, er sammelte sich nicht im größten Maßstabe an, während im Süden, wo die Gletscher am Rande der Ebene sehr lange Zeit hindurch an einer Stelle stehen blieben, sich ungeheure Mengen von Geschieben zu Endmoränen anhäuften; so bildeten sich um die Ausgänge der südalpinen Thäler und namentlich an den Südenden der meisten oberitalienischen Seen zirkusförmige Höhenzüge von außerordentlich charakteristischer Gestalt, wie sie in keinem andern Teile des Gebietes mehr in gleich ausgezeichneter Weise vorkommen.

Wollen wir uns nach dem, was wir hier kennen gelernt haben, eine Vorstellung von dem damaligen Zustande der Alpen machen, so erhalten wir ein Bild von seltsamer und fremdartiger Färbung. Keine dunkeln Nadelwälder bekleideten die Flanken der Berge, keine frischen Alpentriften breiteten sich an denselben aus, den breiten Thalgründen fehlte die reiche Vegetation. Bis weit herab hüllte alle Höhen ewiger Schnee, aus dem nur einzelne allzu schroffe Felswände, an denen die weiße Decke nicht haften konnte, dunkel hervortraten; von den überreich gefüllten Firnbecken schoben sich durch die Thalgründe ungeheure Gletscher, deren Mächtigkeit oft 1000 m überstieg. Nur in den flacher werdenden östlichsten Gebieten und in den Südalpen waren die niedrigern Vorberge einen kleinen Teil des Jahres hindurch schneefrei und die äußern Teile mancher Thäler nicht vereist. Aber auch hier dürfen wir nicht an eine reiche Vegetation denken, sondern niedrige, polsterartige Rasen teilweise großblumiger Pflanzen, wie sie heute die höhere Alpenregion und die polaren Länder zieren, ohne eine zusammenhängende Decke zu bilden, traten auf, und nur an den begünstigtsten Stellen mochte ein kaum spannenhohes Gestrüppe von zwergigen Weiden und Birken ein kümmerliches Dasein fristen. Den Nordrand der Alpen umsäumte von Südfrankreich bis etwa an die Grenze von Oberösterreich und Salzburg eine kaum unterbrochene ungeheure Wüste von flach ansteigendem Inlandeise, das an manchen Stellen eine Breite von 70 km erreichte, und die ihm vorgelagerte eisfreie Ebene mochte wohl einen Anblick bieten, der sich am besten mit den Tundren (Moossteppen) Sibiriens vergleichen ließ. Während des Sommers brausten von der Grenze der Eismassen in zahllosen mächtigen Strömen die Massen der Schmelzwasser, dickschlammig und große Lasten von Sand und Gerölle mit sich wälzend und weiterhin ablagernd, während im Winter diese Abflüsse nur sehr geringe Bedeutung haben konnten.

Wir haben uns in den allgemeinsten Zügen den Zustand der Alpen auf dem Höhepunkte ihrer Vergletscherung vergegenwärtigt, und es fällt uns nun die Aufgabe zu, den Verlauf derselben etwas näher ins Auge zu fassen und die einzelnen geologischen Erscheinungen kennen zu lernen, aus welchen die Schlüsse abgeleitet sind. Wir können hier natürlich nicht alle Teile der Alpen in gleicher Weise berücksichtigen, wir werden aus der Menge ein Beispiel herausgreifen und zwar den Inngletscher samt den ihm vorliegenden Gletschern der Isar, des Lech und der Iller, ein Gebiet, welches neuerdings durch die Arbeiten von Penck sehr genau bekannt geworden ist; Vorkommnisse aus andern Teilen der Alpen werden wir nur gelegentlich zum Vergleiche heranziehen.

Denken wir uns den Verlauf der Vereisung eines größern Gebietes, und fragen wir uns, welche Spuren dieselbe, abgesehen von der Rundhöckerbildung, von der Glättung und Schrammung der Felsoberfläche, speziell in Form von Ablagerungen zurücklassen muß, so werden wir finden, daß eine ziemlich regelmäßige Folge eintreten muß. Während die Eismassen vorrücken, werden die denselben entströmenden Wassermassen aus dem Gletscherbette teilweise geschrammte Geschiebe forttreiben und in der unvereisten Gegend ablagern, wir werden also zunächst Geröllbänke mit einzelnen gekritzten Steinen finden. Über diese schiebt sich nun bei weiterer Ausbreitung der Gletscher hinweg, er wird sie vielleicht an manchen Stellen zerstören und aufpflügen, an andern dagegen wird er sein Moränenmaterial über denselben ablagern. Ist der Höhepunkt der Vereisung erreicht, so wird die äußerste Grenze, bis zu welcher diese vorgeschritten ist, durch eine Stirnmoräne bezeichnet werden; dann beginnt die Periode des Rückzuges, und während derselben werden die Gletscherbäche wieder Gerölle über die verlassene Moräne ausschütten, es wird sich über diesen wieder eine obere Ablagerung von Glazialschotter ausbreiten, das normale Schema der Bildungen, welche eine Vergletscherung bezeichnen, ist demnach folgendes:

3) Oberer Glazialschotter,
2) Moränenablagerung,
1) Unterer Glazialschotter.

Natürlich dürfen wir uns nicht vorstellen, daß diese drei in ganz regelmäßigen Bänken normal übereinander lagern; die Verbreitung und das gegenseitige Verhalten derselben wird im Gegenteile sehr unregelmäßig sein, der obere Glazialschotter wird z. B. vielfach in Thalfurchen liegen, welche die Gletscherwasser in die Moränen und in den untern Glazialschotter eingeschnitten haben, es wird an vielen Stellen das eine oder das andre Glied fehlen, kurzum, es bedarf der Übersicht über ein größeres Terrain, vielfacher Beobachtung und scharfsinniger Kombination, um diese Verhältnisse richtig zu beurteilen.

Am leichtesten sind die Moränenablagerungen zu erkennen, deren Beschaffenheit, wie sie an den jetzigen Gletschern auftritt, wir an einer frühern Stelle kennen gelernt haben; von den Bildungen, wie sie heute in den Alpen entstehen, unterscheiden sich allerdings diejenigen der diluvialen Zeit dadurch, daß in ihnen das Material der Oberflächenmoränen bedeutend zurücktritt, dasjenige der Grundmoränen eine viel größere Rolle spielt, wie das bei der geringen Menge schneefreier Partien im Hochgebirge, die Material zu Seiten- und Mittelmoränen liefern konnten, ganz natürlich ist[1]. Infolgedessen finden wir hauptsächlich solche Ablagerungen, welche wesentlich mit den nur schwer zu untersuchenden Grundmoränen heutiger Gletscher übereinstimmen; immerhin liegen aber doch einige wichtige Beobachtungen über diese vor, welche den nähern Vergleich gestatten. So gelang es H. Credner an dem Pasterzengletscher, am Fuße des Großglockners oberhalb des untern Endes, an einer Stelle, an welcher das Eis nicht dicht an der Thalwand anlag, von der Seite her eine Strecke weit unter dem Eise vorzudringen und die hier vorhandenen Ablagerungen zu untersuchen, die er folgendermaßen schildert: „Der Boden dieser subglazialen

[1] Aus der Unfähigkeit des Eises, ohne Beihilfe eingebackener Steine den Untergrund anzugreifen, wurde im ersten Bande (S. 520 ff.) gefolgert, daß die Grundmoräne der diluvialen Gletscher sich, abgesehen von dem losen Schutte der Thäler, wesentlich durch herabstürzende Teile der Oberflächenmoränen erhalte. Neue Beobachtungen, welche in der Zwischenzeit veröffentlicht worden sind, weisen jedoch darauf hin, daß die Gletscher bis zu einem gewissen Grade das unterliegende Gestein aufzubrechen vermögen, wohl hauptsächlich da, wo durch tektonische Vorgänge früherer Zeit eine Lockerung stattgefunden hat. An der Existenz von Oberflächenmoränen zu zweifeln, sehe ich dagegen nach den a. a. O. beigebrachten Belegen nicht den mindesten Grund, und ebensowenig ist ein Anlaß vorhanden, an der Möglichkeit zu zweifeln, daß aus den Oberflächenmoränen Material in die Grundmoräne gelangt sei.

Kanäle, auf welchem die Gewässer der aus den Seitenthälern unter den Gletscher tretenden Bäche sowie die Schmelzwasser rieselten, war ebenso wie weiter unten, nahe dem untern Gletscherende, mit grobem Sande, Kies und in diesem mit Blöcken, also mit dem ausgewaschenen Grundmoränenmateriale, bedeckt. Dagegen lagerte am Fuße der beiderseitigen Wandungen dieser Eisgewölbe zwischen dem Gletschereise und dem festen Felsgrunde die echte Grundmoräne in ihrem ursprünglichen Zustande und deshalb in ihrer typischen Ausbildungsweise. Sie besteht dort aus einem zähen, bei reichlichem Wasserzutritte breiartigen grauen Lehme, der, wie man sich beim Kneten bereits durch das Gefühl überzeugt, angefüllt ist von feinsten Gesteinskörnern und Splittern und vollsteckt von kleinen und größern, scharfeckigen und gerundeten, zum Teile geritzten Geschieben, von welchen die größten fest zwischen Eis und Felsgrund eingeklemmt waren. Ließ sich die strukturell vollkommene Übereinstimmung dieser Grundmoräne mit dem norddeutschen Geschiebelehme bereits in deren durchweichtem Zustande nicht verkennen, so erhielten die von mir abgestochenen Proben nach ihrer Trocknung geradezu eine täuschende Ähnlichkeit mit letzterm und waren von lichtern Abänderungen desselben im Handstücke überhaupt kaum zu unterscheiden."

Dieselbe Übereinstimmung zeigt auch das Material der diluvialen Gletscher der alpinen Region, nur tritt uns natürlich die Grundmoräne jener riesenhaften Eisströme der Vorzeit in einem unvergleichlich großartigern Maßstabe entgegen als an den dürftigen Eisresten der Jetztzeit. Die alte Grundmoräne unsrer alpinen Gebiete stellt eine ungeschichtete Masse von schlammiger oder sandiger Beschaffenheit dar, in welcher kleinere Geschiebe und Blöcke von wechselnder Größe eingelagert sind. Diese Geschiebe sind meist gerundet und großenteils mit Schrammen und Kritzen bedeckt, die sich in den verschiedensten Richtungen kreuzen; die Mächtigkeit dieser Ablagerungen ist eine sehr bedeutende, doch müssen diejenigen Vorkommnisse, deren Dicke eine übergroße wird und zu 60, 70, ja selbst 100 m ansteigt, wohl in der Weise gedeutet werden, daß an den betreffenden Stellen der Gletscher bei seinem Rückzuge längere Zeit stehen blieb und eine Erdmoräne anhäufte. Wo die Masse auf felsigem Untergrunde aufruht, zeigt sich dieser geglättet und geschrammt. In diesem Umstande und in der ungeschichteten Beschaffenheit der Massen und der regellosen Verteilung von Geschieben der verschiedensten Größe in derselben liegt auch der entscheidende Beweis, daß dieses Material wirklich unmittelbar von einem Gletscher und nicht von einer wild einherströmenden Flut oder in einem See, auf welchem Eisschollen schwammen, abgelagert ist. Wäre eine dieser beiden letztern Annahmen richtig, so müßte im erstern Falle eine Schichtung des Materiales nach der Größe und deutliche Strömungsstruktur, im letztern regelmäßige Schichtung bemerkbar sein.

Neben den Resten der Grundmoräne sind solche der Oberflächenmoränen nur wenig sichtbar; eckige, ungekritzte Geschiebe sind wohl an manchen Stellen nachgewiesen, die sehr hoch an den Gehängen der Berge liegenden Trümmer müssen ihr größtenteils zugeschrieben werden, ebenso wie die erratischen Blöcke größten Kalibers, die, wie es scheint, ausschließlich auf diese Art transportiert wurden.

Innerhalb des Gebirges ist natürlich der Einfluß, den die Moränen auf den landschaftlichen Charakter ausüben, ein ziemlich geringer, ihre Masse verschwindet hier im Vergleiche zu den riesig aufragenden Bergen, welche die Thäler umranden; anders verhält es sich dagegen in dem ebenen Vorlande, über das sich die Gletscher ausbreiteten, und für welches in einem großen Teile seiner Ausdehnung die Anordnung des Moränenmateriales ganz vorwiegend die Oberflächengestaltung bestimmt. Auffallenderweise ist das aber nicht gerade in den unmittelbar an die Alpen anstoßenden Teilen der Ebene der Fall, sondern die Eigentümlichkeiten der vielbesprochenen Moränenlandschaft treten ganz vorwiegend in dem äußern, weiter vom Gebirge entfernten Gebiete hervor, wo die großen, namentlich aus Material der

Grundmoräne und daneben aus aufgepflügten Bestandteilen des Untergrundes bestehenden Endmoränen angehäuft sind.

In der oberbayrischen und schwäbischen Hochebene und den angrenzenden Gebieten bildete jeder der Hauptgletscher einen gegen Norden vorspringenden Bogen, während da, wo je zwei derselben aneinander stoßen, ein einspringender Winkel vorhanden ist. So verhält es sich bei den Gletschern der Salzach, des Inn, der Isar, des Lech, der Iller und des Rheines, und die äußerste Endmoräne folgt dieser Linie als ein langgestreckter Wall, die weiter nach Süden gelegenen Moränenzüge verlaufen annähernd parallel mit demselben. Zu jedem einzelnen Gletscher gehört ein System solcher parallel verlaufender Höhenzüge, welche sich annähernd halbkreisförmig um den Austrittspunkt des Gletschers aus dem Gebirge gruppieren. Die Höhe und Breite der einzelnen Moränen ist eine sehr verschiedene, jede Hauptendmoräne zerfällt in eine Anzahl untergeordneter kleiner Wälle, die bald dicht bei einander, bald in größerer Entfernung liegen. Auch die Abstände der einzelnen Hauptmoränen voneinander sind sehr unregelmäßig. Auf diese Weise entsteht eine außerordentlich verwickelte Oberflächengestaltung, ohne jene größern Züge, welche in einer Gegend durch den vorwiegenden Einfluß des rinnenden Wassers in den Reliefverhältnissen hervorgebracht werden, ohne ein den ganzen Aufbau beherrschendes System von Thalläufen. Das Terrain ist sehr stark koupiert, aber die einzelnen Höhenunterschiede gering, die Anordnung der einzelnen Hügel regellos; an vielen Stellen ist eine Senkung ohne Abfluß, es bilden sich kleine Seen und Teiche oder statt ihrer Torfmoore und Sumpfwiesen, anderwärts treten Trockenthäler auf. Diese „Moränenlandschaft", wie sie Desor zuerst geschildert hat, mit ihren rasch abwechselnden Hügelformen, mit ihren unregelmäßigen Senkungen und kleinen Wasserspiegeln gehört zu den lieblichsten Gegenden, denen in der Regel reiche Vegetation und der Ausblick auf die Alpenkette im Hintergrunde erhöhten Reiz verleihen. Die Terrainformen dieses Gebietes sind so charakteristisch, daß der erste eingehendere Nachweis ehemaliger Gletscherverbreitung und alter Moränen in der oberbayrischen Ebene durch F. Stark sich ausschließlich auf diese Verhältnisse stützen konnte.

Die äußere Grenze der Moränenlandschaft bezeichnet allerdings nicht die Nordgrenze des ehemals vergletscherten Gebietes, sondern man kann an den meisten Stellen Moränenmaterial noch eine Strecke weiter nach Norden verfolgen; allein in diesem Distrikte ist die bezeichnende Oberflächengestaltung verloren gegangen, sie ist offenbar im Laufe der Zeit durch die nivellierende Gewalt des Wassers zerstört worden, und dies sowie einige andre Anhaltspunkte, die wir später kennen lernen werden, lassen darauf schließen, daß jener äußere Teil, die verwaschene Moränenlandschaft, älter sei und einer frühern Phase der Eiszeit angehöre als die wohlerhaltenen Endmoränen.

Auch nach innen, näher dem Gebirge, verwischt sich der landschaftliche Charakter: die Endmoränen werden niedriger, sie treten weiter auseinander, die ganze Erscheinung nimmt an Intensität ab. Da wir in jedem der Endmoränenwälle die Ablagerung einer längern Stillstandsperiode im Rückzuge oder selbst einer Zeit kürzern Wiedervordringens der Gletscher sehen müssen, so dürfen wir daraus schließen, daß gegen Ende der Eiszeit die Abnahme der Gletscher in ihrer ersten Phase nur überaus langsam und mit mehrmaligen bedeutenden Unterbrechungen stattfand, daß aber später die Abschmelzung in etwas rascherm Tempo oder wenigstens mit geringern Pausen vor sich ging.

Allein nicht nur die Züge der Endmoränen werden niedriger, auffallenderweise bemerkt man überdies in vielen Fällen, daß auch der Untergrund, auf welchem dieselben aufruhen, gegen das Gebirge zu in einiger Entfernung von der äußern Grenze der unverwaschenen Moränenlandschaft tiefer liegt als außen, daß also in den Gebieten der einzelnen diluvialen Gletscher sich zentrale Depressionen finden. Manche dieser Becken sind mit Wasser

erfüllt, sie bilden die großen subalpinen Seen, bei andern ist durch spätere Wasserwirkung die nördliche Umrandung zerstört, die ursprünglich vorhandenen Seen entleert, und an ihrer Stelle breiten sich weite Torfmoore oder sumpfige Wiesenflächen aus. So liegt, wie Penck hervorhebt, die zentrale Depression des Inngletschers bei Rosenheim mit ihren ausgedehnten Torfmooren 450 m ü. M., während der äußere Moränenkranz vielfach bis zu 600 m ansteigt; dieselbe Höhe zeigen die nördlichsten Moränen des Isargletschers, während die entsprechende Depression in ihrer größten Tiefe durch den Ammersee und den Starnberger See bezeichnet wird, und ein ähnliches Verhältnis zeigt im Gebiete des Rheingletschers der Bodensee im Vergleiche zu der oberschwäbischen Hochebene.

Bekanntlich wird von vielen Geologen die Bildung der subalpinen Seen und in logischer Konsequenz überhaupt diejenige der zentralen Depressionen der Gletschergebiete der erodierenden Thätigkeit der Eisströme zugeschrieben, diese sollen unter dem gewaltigen Drucke ihrer Masse mit Hilfe der an ihrer Unterseite fortgeschleppten Gesteinsstücke diese Becken ausgehöhlt haben. Wir haben die Frage nach der Erosion durch das Eis und speziell nach der Bildung der alpinen Randseen auf diesem Wege bei einer frühern Gelegenheit besprochen (s. Bd. I, S. 513). Wir haben gefunden, daß gewisse Erscheinungen, z. B. am Starnberger See, nach dem heutigen Stande unsrer Kenntnisse jede andre Erklärung auszuschließen scheinen, daß die Gletscher mächtig erodierten, und daß gewisse Seen sicher auf diese Weise entstanden sind. Anderseits haben wir die großen Schwierigkeiten kennen gelernt, welche dieser Hypothese wenigstens in ihrer heutigen Form noch entgegenstehen, und die innern Widersprüche, welche noch mehrfach vorhanden sind. Wir können hier nicht auf diesen Gegenstand zurückkommen, doch mag erwähnt werden, daß in neuester Zeit mancherlei hinzugekommen ist, was der Ausfurchung gewisser subalpiner Seen und speziell derjenigen des Inn- und Isargebietes durch Gletscher das Wort spricht. Die Frage kann heute noch nicht als definitiv gelöst betrachtet werden, aber die größere Wahrscheinlichkeit scheint für die thatsächliche Entstehung dieser Becken durch die aushöhlende Thätigkeit der Gletscher zu sprechen.

Untere Glazialschotter, geschichtete Ablagerungen erratischer Gerölle, welche durch die Schmelzwasser der Gletscher bei ihrem Vorrücken gebildet wurden, die also älter sind als die Moränen, lassen sich sehr deutlich verfolgen; sie bilden innerhalb der Gebirgsthäler sehr häufig ausgezeichnete Terrassen, wie das namentlich im Innthale der Fall ist. Hier tritt das schon bei einer frühern Gelegenheit geschilderte Mittelgebirge auf, eine stellenweise 350 m über den Inn aufragende Terrasse, die auf ihrer breiten Oberfläche zahlreiche Ortschaften, weite Felder und Waldungen trägt (s. die Abbildung, Bd. I, S. 466); sie ist aus unterm Glazialschotter gebildet, dessen Natur aus der stellenweise sichtbaren Bedeckung durch die alte Moräne, wobei beide an der Grenze bisweilen wechsellagern, ferner durch die reiche Führung erratischen Materiales gekennzeichnet wird. Als der diluviale Inngletscher heranrückte, schüttete der aus seinem Ende hervorbrausende Strom diese Geröllmassen auf, und floß nun in einem Niveau, das um 350 m höher lag als der heutige Inn.

Natürlich bildeten damals die untern Glazialschotter einen zusammenhängenden Thalboden von einem Gehänge bis zum andern; heute ist derselbe zerstört; an manchen Punkten bildet das Mittelgebirge Reste desselben, an andern sind alle Spuren verschwunden oder haben sich nur erhalten, wo die Geröllmassen auch in Seitenthäler eindrangen, z. B. bei Jenbach in die zum Achensee hinaufführende Furche, wo diese Ablagerungen vor Zerstörung mehr geschützt waren. Es ist nun sehr merkwürdig, daß die alte Moräne des Inngletschers, der sofort nach Bildung des untern Glazialschotters vordrang, teilweise oben auf der Terrasse des Mittelgebirges, teilweise aber auch am Fuße desselben unten im Innthale, so bei Kufstein, Häring und Brandenberg, liegt. Die Zerstörung des alten

Thalbodens, die Erosion der zusammenhängenden Decke von unterm Glazialschotter muß also stattgefunden haben, ehe die Moränen abgelagert wurden, und unter diesen Umständen ist es in hohem Grade wahrscheinlich, daß dies durch die erodierende Kraft des über die losen Geröllmassen vorschreitenden Gletschers geschehen ist.

Auch außerhalb des Gebirges sind die untern Glazialschotter sehr entwickelt und zwar am deutlichsten bemerkbar am äußern Rande der unverwaschenen Moränenlandschaft; hier tauchen sie unter den Massen der Endmoränen hervor und erstrecken sich nach Norden, bald in einzelne breite Thäler konzentriert, wie im Gebiete des Lech und der Iller, bald weithin über die Hochebene ausgebreitet, wie das im Isargebiete der Fall ist; so ist z. B. in der Umgebung von München, abgesehen von jüngerm Lehme, die Oberfläche von dem untern Glazialschotter gebildet, und erst unter diesem treten die ältern, aber ebenfalls noch diluvialen harten Konglomeratbänke der Nagelfluh hervor. Schwieriger ist aus leicht begreiflichen Gründen die Beobachtung des untern Glazialschotters innerhalb des Moränengebietes, da derselbe hier meist von den auflagernden ungeschichteten Massen verdeckt und daher in der Regel nur in tiefern Flußeinschnitten zu sehen ist.

Eine weit geringere Rolle als die untern spielen die obern Glazialschotter, welche jünger sind als die Moränen und aus der Zeit des Rückganges der Gletscher stammen. Am verbreitetsten finden wir dieselben in dem randlichen Gebiete der eigentlichen Moränenlandschaft zwischen den stark ausgesprochenen Endmoränen, wo sie in der Regel in den Einsenkungen zwischen den einzelnen Wällen liegen; die dem Eise entströmenden Wasser folgten diesen vorgezeigten Wegen, bis sie an irgend einer Stelle nach Norden durchzubrechen vermochten. Als sich nun aber der Gletscher weiter zurückzog in das Gebiet der zentralen Depression, mußte das Flußsystem eine Veränderung erfahren; das Gebiet, in welchem das Eis jetzt lag, war tiefer als das der Moränenlandschaft, die verschiedenen Wasserläufe erhielten keinen Zufluß mehr von den Gletschern, sie wurden teilweise trocken gelegt, und aus jeder der Hauptdepressionsmulden bahnte sich in der Regel nur Ein großer Abfluß den Weg nach außen. In dieser Zeit entstanden die Hauptflußthäler der Hochebene, während zahlreiche Trockenthäler in der oberbayrischen Hochebene zeigen, welche Wege während der ersten Zeit des Gletscherrückzuges die Wasser nahmen. Aus dieser Zeit stammen der Teufelsgraben bei Holzkirchen, das Gleißenthal bei Deisenhofen, das Trockenthal von Egmating und zahlreiche andre.

So sehen wir die verschiedenen Ablagerungen in unserm Gebiete vertreten, welche für eine Vereisung charakteristisch sind, und es fehlt auch durchaus nicht an jenen Kennzeichen, welche der Gletscher den ältern Gesteinen aufdrückt. Rundhöckerbildung, geschliffene und gekritzte Felsoberflächen sind im Innern des Gebirges massenhaft vorhanden, weit seltener allerdings treten derartige Erscheinungen in dem Vorlande auf, da hier der Boden, über welchen das Eis vorrückte, großenteils aus losen Gebilden besteht, welche ihrer Beschaffenheit nach derartige Formen nicht annehmen können. Doch sind dieselben an einer Anzahl von Stellen beobachtet worden, wo die Grundmoräne über die harte diluviale Nagelfluh oder über feste tertiäre Molassensandsteine wegging. Natürlich können auch hier die Schrammen nur da beobachtet werden, wo die vom Gletscher bearbeitete Felsoberfläche erst kürzlich von überlagerndem Schutte befreit worden ist, da die feinen Kritzen, den Unbilden des Wetters ausgesetzt, durch Abwitterung rasch verschwinden. Die ersten Spuren dieser Art in der bayrischen Hochebene wurden von Zittel bei Schäftlarn südlich von München entdeckt, und seither wurde namentlich von Penck noch eine größere Anzahl an verschiedenen Punkten gefunden.

Wir haben hier an der Hand der Darstellung von Penck die Spuren einer vollständigen Vereisung kennen gelernt, wie sie auf der süddeutschen Hochebene und in dem südlich davon gelegenen, hierher tributären Teile der Alpen auftritt; die Erscheinungen treten

uns hier in sehr bezeichnender Gestalt entgegen, da sehr reichliche Eismassen sich frei in ein ebenes Vorland schieben. Die übrigen Gebiete der Alpen zeigen der Hauptsache nach dieselben Erscheinungen, allerdings mit denjenigen Unterschieden, welche die örtlichen Eigentümlichkeiten mit sich bringen. In der Gegend zwischen Alpen und Juragebirge staut das letztere die direkte Ausbreitung des Inlandeises und teilt dieses in zwei seitlich abfließende Arme, in den südlichen und östlichen Alpen waren die Gletscher viel kleiner, sie erreichten die Ebene nicht oder griffen doch nur mit schwachen Ausläufern nach derselben über, aber der Wesenheit nach wiederholen sich überall dieselben Erscheinungen.

Wenn wir aber die Gesamtheit der diluvialen Ablagerungen in dem alpinen und subalpinen Gebiete ins Auge fassen, so finden wir, daß mit den bisher erwähnten Gebilden durchaus noch nicht der ganze Reichtum von Vorkommnissen erschöpft ist; es treten noch verschiedene andre Diluvialablagerungen auf, von welchen uns hier namentlich diejenigen beschäftigen müssen, welche älter sind als die eben geschilderten Glazialgebilde, und die von um so größerer Bedeutung sind, als wir hier auf die Spuren einer ältern Vergletscherung stoßen.

Wir wollen unter den Beobachtungen, welche hierher gehören, nur einige der wichtigsten anführen. An mehreren Punkten in der nordöstlichen Schweiz finden sich, von Glazialgebilden bedeckt, Ablagerungen von geschichteten Geröllen, Sanden, Thonen, welche Flöze von Schieferkohle, die Überreste alter Torflager, enthalten. Dürnten und Wetzikon im südlichen Teile des Kantons Zürich, Utznach und Mörschwyl im Kanton St. Gallen sind die wichtigsten Punkte, an welchen diese Vorkommnisse entdeckt und teilweise durch einige Zeit Bergbaue auf die Schieferkohlen betrieben wurden. Diese letztern, um deren Erforschung sich namentlich Oswald Heer die größten Verdienste erworben hat, wurden ursprünglich wegen ihrer Lagerung als präglazial, d. h. während eines ältern, der Eiszeit vorangehenden Abschnittes der Diluvialperiode gebildet, betrachtet. Allein bald entdeckte man an verschiedenen Punkten, daß auch unter der Schieferkohle echte Glazialablagerungen anstehen, die Kohle war also interglazial, während des Zwischenraumes zwischen zwei Vereisungen entstanden. Es war also die Gegend vergletschert, dann zogen sich die Eismassen zurück, für eine Zeit, welche für die Ablagerung der Schieferkohlen und der sie begleitenden Schichten hinreichend war, und dann kehrten die Gletscher wieder an dieselbe Stelle zurück.

Sofort erhoben sich sehr lebhafte Meinungsverschiedenheiten über die Bedeutung dieser Thatsachen, namentlich über die Frage, ob man es mit zwei vollständig getrennten Eiszeiten oder nur mit einer Oszillation innerhalb einer einzigen großen Vereisung der Alpenregion zu thun habe. Wir beschäftigen uns mit dieser Frage für den Augenblick nicht weiter, sondern wenden uns den überaus wichtigen Tier- und Pflanzenresten zu, welche in der Schieferkohle gefunden worden sind. Von Pflanzen konnte Heer bestimmen[1]: Fichte, Föhre, Bergföhre, Lärche, Eibe, Birke, Eiche, Bergahorn, Haselnuß- und Himbeerstrauch, ferner von krautartigen Gewächsen: Fieberklee, Schilfrohr, Seebinse, Wasserpfeffer, Wassernuß, Sumpflabkraut, Preißelbeere, eine in der Jetztwelt nicht mehr existierende Gattung von Seerose, einen Schachtelhalm und verschiedene Moose.

Von Tieren fanden sich ein Elefant (Elephas antiquus), welcher dem afrikanischen Elefanten nahe verwandt ist, ein behaartes Nashorn (Rhinoceros Merckii), der Urstier (Bos primigenius), ferner Elentier, Hirsch und Höhlenbär (Ursus spelaeus), und aus dem Vorhandensein von benagten Tannenzapfen wird auf die Anwesenheit von Eichhörnchen geschlossen. Außerdem sind einige kleine Schalen von Süßwasserschnecken und

[1] Pinus Abies, sylvestris, montana, Larix, Taxus baccata, Betula alba, Quercus robur, Acer pseudoplatanus, Corylus avellana, Rubus Idaeus, Menianthes trifoliata, Phragmites communis, Scirpus lacustris, Polygonum Hydropiper, Trapa natans, Galium palustre, Vaccinium vitis idaea, Holopleura, Equisetum.

Muscheln gefunden worden (Pisidium amnicum, Valvata obtusa, depressa), endlich einige Rohrkäfer, Rüsselkäfer und Laufkäfer.

Es werden diesen Vorkommnissen noch einige angereiht, z. B. diejenigen von St. Jakob an der Birs bei Basel, ferner im Algäu bei Sonthofen, bei Chambéry und Sonnaz in Savoyen, endlich bei Leffe im Val Gandino in Oberitalien; doch ist bei denselben entweder die Lagerung zwischen Glazialablagerungen nicht sicher nachgewiesen, oder sie können sich an Reichtum der Fauna und Flora mit den Vorkommnissen in den Kantonen Zürich und St. Gallen nicht messen.

Für uns ist hier zunächst von Wichtigkeit, daß während der Bildung der interglazialen Kohle die eben vom Eise verlassenen Regionen von zahlreichen Tieren und Pflanzen belebt waren, welche in keiner Weise auf ein rauhes Klima hinweisen. Aus der Betrachtung der Tiere geht das allerdings nicht mit voller Bestimmtheit hervor; die Käfer und Konchylien kommen noch heute in denselben Gegenden vor, sind aber nicht an ein ganz bestimmtes Klima gebunden; von den Säugetieren haben Hirsch, Elen und Urstier wenigstens in historischer Zeit hier gewohnt, das Eichhörnchen findet sich noch jetzt. Über die klimatischen Verhältnisse, unter welchen der Höhlenbär vorkam, wissen wir nichts Näheres, dagegen scheinen Elefant und Nashorn direkt auf heiße tropische Temperatur hinzuweisen. Allein das ist nicht richtig, wir wissen heute, daß Angehörige dieser beiden Gattungen selbst im Eisboden Sibiriens vorkommen und in einem sehr kalten Klima gelebt haben, und gerade das in der Schieferkohle gefundene Rhinoceros Merckii gehört zu den Arten, welche wir aus Sibirien kennen, dagegen fehlt die eigentlich nordische Elefantenform, das Mammut (Elephas primigenius), der in der Schieferkohle vorkommende Typus (Elephas antiquus) hat seine Hauptverbreitung in präglazialen Ablagerungen des südlichen und mittlern Europa.

Erfahren wir demnach nicht sehr viel aus den Tierresten, so sind die Pflanzen um so wichtiger, und wir können, da es sich um eine erst kurz verflossene Zeit und fast durchgehends um noch lebende Arten handelt, hier mit einiger Sicherheit schließen. Von den Gewächsen der Schieferkohle kommen alle, mit Ausnahme der ausgestorbenen Seerose und der Bergföhre, noch jetzt in denselben Gegenden und unter denselben Verhältnissen vor, nur die Bergföhre (Legföhre) läßt auf etwas rauheres Klima schließen, bedeutend kann aber der Unterschied gegen heute nach dem Vorkommen von Eiche und Haselnuß nicht gewesen sein. Heer schließt aus dieser Flora auf eine mittlere Jahrestemperatur von 6 bis 9° C., und das Auftreten der Legföhre spricht jedenfalls dafür, daß dieselbe der niedrigern dieser beiden Zahlen nahelag, also tiefer war als die heutige Jahrestemperatur von Zürich (8,7° C.); sicher aber haben wir es mit keinem hochalpinen oder polaren, sondern mit einem entschieden gemäßigten Klima zu thun.

Alle die besprochenen Vorkommnisse von interglazialen Ablagerungen befinden sich außerhalb der Alpen, ihre Lage kann uns daher über den Betrag, bis zu welchem die Gletscher zurückgegangen sind, keinen Aufschluß geben, wir können danach noch nicht entscheiden, ob die großen Alpenthäler bis an ihre Mündung mit Eis erfüllt blieben, oder ob ein stärkerer Rückgang stattfand. Hier gelangen wir um einen Schritt weiter, wenn wir die in den Alpenthälern liegenden Bildungen ins Auge fassen.

Die wichtigsten Aufschlüsse in dieser Beziehung gewährt die unmittelbare Umgebung von Innsbruck. Jedermann, der Innsbruck besucht hat, muß an den Gebäuden ein sehr eigentümlicher Baustein aufgefallen sein, welcher vielfache Verwendung findet; es ist das eine feste, harte Breccie, deren Trümmer vorwiegend aus einem dunkelgrauen Dolomit der obern Trias bestehen, wie er an den das Nordgehänge des Innthales bei Innsbruck bildenden Bergen in Masse ansteht. Die einzelnen Dolomitstücke, zu welchen sich nur sehr spärliche Fragmente von rotem Sandsteine und kristallinischen Schiefern gesellen, sind durch ein

rot gefärbtes, mergeliges Bindemittel zu einer Breccie verkittet. Man braucht sich auch nicht lange um die Herkunft dieses Baumateriales umzusehen; sowie man die Berge nördlich von Innsbruck betrachtet, fallen sofort oberhalb Hötting die Brüche auf, in welchen der Stein gewonnen wird. Etwa 150 m über der Thalsohle treten die groben Bänke der roten Breccie auf, fast horizontal gelagert und nur etwas gegen das Thal einfallend. Sie lehnt sich an die weit ältern Triasgesteine der Berge an, aus deren Material sie gebildet ist, und gibt sich als eine verhältnismäßig sehr junge Bildung zu erkennen, als der Schuttkegel eines vom Berggehänge herabkommenden Baches aus einer Zeit, in welcher das Innthal schon vorhanden und nur etwa 150 m weniger tief war als heute.

Die genaue Fixierung des Alters dieser roten Höttinger Breccie hat lange Zeit Schwierigkeiten gemacht; daß sie von Geschiebelehm bedeckt werde, also älter als dieser sei, fand man sehr bald, daher hielt man sie für jungtertiär, zumal eine Anzahl in derselben gefundener Pflanzen für diese Annahme zu sprechen schien. Um so mehr war man erstaunt, als Penck zeigte, daß Moränenmaterial nicht nur über, sondern auch unter der Höttinger Breccie liege und diese demnach interglazial sei. Anfangs zweifelte man an der Richtigkeit der Beobachtung, allein dieselbe wurde von verschiedenen Geologen, welche eine Prüfung der Sache unternahmen, in der positivsten Weise bestätigt. Nun war die große Schwierigkeit, diese Lagerungsverhältnisse mit der Flora in Einklang zu bringen, die nach Unger und Stur entschieden tertiär ist und Blätter von Fächerpalmen und andern Zeugen eines ziemlich warmen Klimas enthalten soll, während dieselbe von Ettingshausen für diluvial erklärt wurde. Noch sind nicht alle Einzelheiten geklärt, doch steht so viel fest, daß bei Hötting auch unter der gewöhnlichen roten Breccie wieder Moränenmaterial liegt, daß dieselbe also ebenfalls zwischen zwei Vergletscherungen sich befindet.

Wir haben also auch hier weit im Innern des Gebirges eine interglaziale Ablagerung, deutlich älter als die letzte Vergletscherung des Gebietes mit ihren Moränen und dem untern Schotter, aber entschieden jünger als eine im Liegenden befindliche ältere Grundmoräne, und wir sehen also, daß sich die Eismassen im Innthale auf lange Zeit hinter Innsbruck zurückgezogen haben. Dieses Vorkommen ist nicht isoliert, sondern noch an einigen Punkten im Thale des Inn und der Isar finden sich ähnliche, wenn auch minder auffallende Vorkommnisse, welche auf eine zweimalige Vergletscherung hinweisen.

Wenn wir an der Hand dieser Erfahrungen nochmals die Erscheinungen auf der bayrischen Hochebene ins Auge fassen, so können wir auch hier Spuren einer zweimaligen Vereisung erkennen. Wir haben gesehen, daß hier noch außerhalb der deutlich entwickelten randlichen Moränenlandschaft sich ein Gebiet findet, in welchem Grundmoränen vorhanden sind, dem aber die ausgezeichnete Oberflächengestaltung durch Abwaschung verloren gegangen ist, und welches schon dadurch ein Zeichen höhern Alters an sich trägt. Außerdem zeigt es sich auch, daß diese äußern Moränenablagerungen älter sind als die untern Glazialschotter, welche zu den Gebilden des Kranzes unverletzter Endmoränen gehören. Aus diesen Thatsachen allein ließ sich nicht unmittelbar auf das Vorhandensein zweier Vereisungen schließen, zwischen welchen ein starker Rückgang der Gletscher bis tief ins Gebirge hinein stattfand, sondern es würde zur Erklärung ein längerer Stillstand im Rückgange genügen, welcher an der äußern Grenze der unverwaschenen Moränenlandschaft zu denken wäre. Nun aber, nachdem wir im Innern des Gebirges interglaziale Ablagerungen kennen gelernt haben, liegt es sehr nahe, die äußersten verwaschenen Moränen der ersten, die innern unverwaschenen Endmoränen dagegen der zweiten Vereisung zuzuschreiben. Wir werden uns jedoch überzeugen, daß diese Auffassung nicht über allen Zweifel erhaben ist.

In sehr vielen Gegenden des alpinen Vorlandes treten in großer Verbreitung und Mächtigkeit unter den tiefsten Moränen Konglomerate auf, welche unter verschiedenen Namen

beschrieben worden sind; alte Anschwemmungen (alluvions anciennes), diluviale Nagelfluh, alpines Diluvium, Ceppo sind Namen, welche von verschiedenen Autoren für diese Bildungen gegeben worden sind. In der bayrischen Hochebene, in Oberschwaben, in der Schweiz, in Frankreich und Oberitalien finden sich diese Bildungen am Rande der Alpen, und wenn auch an manchen Punkten jüngere Konglomerat- und Schotterbildungen damit mögen verwechselt worden sein, so ist jedenfalls das sehr verbreitete Vorkommen eines derartigen untern, vom Wasser abgelagerten Geröllhorizontes an der Basis der diluvialen Ablagerungen eine unbestreitbare Thatsache. Wir haben schon bei einer frühern Gelegenheit die Bedeutung dieser Vorkommnisse für die Erklärung der Seenbildung kennen gelernt (vgl. Bd. I, S. 518), wir haben nämlich gesehen, daß diese alpinen Gerölle vielfach, z. B. bei Genf, vor den Thälern liegen, auch da, wo am Ausgange der letztern Seen liegen; da die Gerölle nicht über das Seebecken hinüber gelangen können, so wurde daraus geschlossen, daß diese erst nach der Ablagerung der alten Anschwemmungen, also um die Mitte der Diluvialzeit, entstanden seien.

Wir betrachten auch hier wieder zunächst die bayrische Hochebene, wo die Nagelfluh unter den Moränen und ihren Schottern ein sehr verbreitetes und allgemein bekanntes Gebilde darstellt; die abgerundeten Gerölle werden durch ein festes Zement von graulichem Kalksinter zu einem widerstandskräftigen Gesteine zusammengekittet, das z. B. an den Gehängen des tief eingeschnittenen Isarthales oberhalb München an zahllosen Stellen ansteht und vielfach als Baumaterial gewonnen wird. Allein die Nagelfluh ist nicht über die ganze Hochebene verbreitet, sie fehlt den südlichen, dem Gebirge am meisten genäherten Teilen derselben, und zwar wird die Grenze in dieser Richtung durch eine Linie bezeichnet, welche etwas südlich von der äußern Grenze der unverwaschenen Moränenlandschaft und wenigstens in den großen Hauptzügen dieser annähernd parallel läuft. Auch die Südgrenze der Nagelfluh macht, entsprechend den Mündungen der Hauptthäler, Ausbuchtungen gegen Norden, sie nähert sich dagegen dem Alpenrande in den Zwischenräumen zwischen den Hauptthälern, und an der Stelle, wo das Inlandeis auf der Hochebene eine kleine Unterbrechung zeigt, nämlich in der Nähe von Miesbach, tritt die Nagelfluh bis an die Berge heran.

Es läßt sich nicht leugnen, daß dieses Verhalten sehr dafür spricht, daß wir es mit einer dem Glazialschotter in der Bildungsweise vergleichbaren Ablagerung zu thun haben, welche durch die Schmelzwasser einer vorrückenden Vereisung hervorgebracht wurde, und auch andre Umstände sprechen für eine derartige Annahme. Das ganze Auftreten der Nagelfluh, das Vorkommen von falscher Schichtung in derselben, ihre Lage in sehr verschiedenen Höhen, bald gleichmäßig über eine weite Fläche verbreitet, bald auf einzelne alte Strombetten beschränkt, und manches andre weisen darauf hin, daß sie nicht etwa in einem See, sondern durch die Thätigkeit rinnender Gewässer abgesetzt wurde. Da nun vielfach die Nagelfluh sehr gleichmäßig über weite Flächen ausgebreitet liegt, ohne sich an bestimmte Rinnsale zu halten, so können wir nicht annehmen, daß sie durch wenige große Flüsse gebildet sei, wie das der Fall sein müßte, wenn die Abflüsse der großen Alpenthäler in normaler Weise die Wasseradern der Ebene und die Gerölle geliefert hätten. Dagegen ist diese Art der Verbreitung mit der Annahme in bestem Einklange, daß nahe der Südgrenze der Nagelfluh die Nordgrenze eines Inlandeises war, und daß die zahlreichen und mit Veränderungen des Eises oft wechselnden Gletscherbäche die Ausstreuung der Gerölle besorgten.

Für die Annahme einer derartigen Bildung spricht auch das Vorkommen von kristallinischen Rollsteinen in der Nagelfluh des Isargebietes, in welchem keine Spur solcher Felsarten anstehend auftritt; allerdings kommen solche Gerölle hier nur in sehr geringer Zahl vor, aber wir können uns trotzdem ihre Herkunft nur durch Gletschertransport aus dem Innthale erklären. Die Seltenheit derselben läßt sich sehr wohl damit in Einklang bringen,

daß diese erste Vergletscherung bedeutend geringern Umfang besaß, daß mithin auch die Eis- und Steinzufuhr über die Pässe vom Inn- in das Isargebiet eine weit geringere war als später. Dies wird auch durch die Wahrnehmung bestätigt, daß im Isargebiete kristallinische Gerölle nur in den obersten Lagen der Nagelfluh vorkommen; anfangs also waren hier nur die Lokalgletscher des Isargebietes in Thätigkeit, und erst später auf dem Höhepunkte der Vereisung kamen Zuflüsse aus dem Inngebiete. Endlich ist noch zu erwähnen, daß an der südlichen Grenze der Nagelfluh, also in unmittelbarer Nähe der angenommenen Gletscher, auch gekritzte Steine auftreten, die nordwärts fehlen, wo die einzelnen Elemente schon stärker abgerollt sind.

Nach all diesen Beobachtungen können wir kaum daran zweifeln, daß die Nagelfluh den ältesten Glazialschotter der bayrischen Hochebene darstellt, und bei dem ganz übereinstimmenden Verhalten der Nagelfluh und der alten Anschwemmungen in andern subalpinen Gebieten muß dieser Schluß auch auf diese ausgedehnt werden. In der That fehlt es auch nicht an entsprechenden Erscheinungen in andern Regionen, ja in der Gegend von Genf ist sogar eine Wechsellagerung von Nagelfluh mit echtem Grundmoränenmateriale nachgewiesen worden.

Die nächste Frage ist nun natürlich, in welchem Verhältnisse diese Gebilde zu den jüngern Diluvialablagerungen stehen; der nächstliegende Gedanke ist natürlich der, daß sie für jene ältere Vergletscherung, deren Spuren wir in den äußern verwaschenen Moränenablagerungen kennen gelernt haben, als untere Glazialschotter gehören, daß sie bei deren Vorrücken durch die Schmelzwasser gebildet worden seien. Allein bei näherer Betrachtung ist diese Annahme durchaus unhaltbar; schon der Umstand spricht dagegen, daß die verwaschene Moränenzone uns die stärkste Vereisung des Gebietes darstellt, die überhaupt stattgefunden hat, während die Nagelfluh, wie wir aus der Seltenheit der kristallinischen Gerölle schließen mußten, einer Eisausbreitung von verhältnismäßig geringer Stärke entspricht. Außerdem aber kann nachgewiesen werden, daß die Nagelfluh schon ganz erhärtet und in ihrem heutigen Zustande war, als die spätern Eismassen heranrückten, denn die Moränen dieser enthalten schon Geschiebe von Nagelfluh, die Oberfläche dieser ist geglättet und geschrammt, und die Schichten derselben waren schon stellenweise erodiert und von Wasserläufen durchfurcht, als das Eis wieder heranrückte.

Diese Verhältnisse haben Penck veranlaßt, ein dreimaliges Vorrücken der Gletscher und zwei Interglazialperioden anzunehmen, und in der That lassen sich die Thatsachen mit dieser Annahme sehr gut in Einklang bringen. Die erste und schwächste Vereisung hatte demnach ihre Spuren in der Nagelfluh zurückgelassen, die zweite und stärkste Vereisung in der verwaschenen äußersten Moränenzone und den zu ihr gehörigen Ablagerungen, der letzte Vorstoß der Gletscher, der an Stärke zwischen den beiden andern die Mitte hält, wäre durch die unverwaschene Moränenlandschaft und die an sie sich anschließenden Gebilde bezeichnet, ihr gehören überhaupt die meisten und deutlichsten Spuren der Eiszeit an. So plausibel aber auch diese Auffassung ist, ein wirklicher Beweis für drei Vereisungen ist doch nicht gegeben; die Anhaltspunkte, welche man zu gunsten einer dreimaligen Vergletscherung aus dem inneralpinen Gebiete anführt, sind an und für sich schwach, aber auch was wir außerhalb der Alpen in dem Hügellande und in der vorliegenden Ebene sehen, ist durchaus nicht von entscheidender Bedeutung. Die unverletzte und die verwaschene Moränenzone als die Zeugen zweier verschiedener Vereisungen zu betrachten, liegt, wie oben bemerkt, kein zwingender Beweis vor, der Hauptgrund für eine derartige Annahme fällt weg, sobald in der Nagelfluh die Spuren einer ältern Vergletscherung erkannt sind, die mit der Moräne unter der Höttinger Breccie in Zusammenhang gebracht werden kann[1]. Wir können jetzt wieder zu

[1] Das Verhältnis der Glazialschotter, welche älter als die unverletzte, aber jünger als die verwaschene Moränenlandschaft sind, entscheidet hier nichts; ein Rückgang des Eises um wenige Meilen hinter die Grenze der unverwaschenen Endmoränen und ein darauf folgendes Vorrücken erklärt alle diese Erscheinungen, ohne daß man einen wirklich großen Rückgang bis ins Innere der Alpenthäler anzunehmen braucht.

der Annahme zurückkehren, daß der Gegensatz zwischen unverletztem und verwaschenem Moränengebiete nur dadurch erzielt wurde, daß das Inlandeis von der äußersten Nordgrenze, die es überhaupt erreichte, sich zurückzog, dann aber nach nicht sehr starkem Rückgange an dem Außenrande der unverletzten Moränenlandschaft längere Zeit hindurch stationär blieb. Mit Einem Worte, die Möglichkeit, daß eine dreimalige Vereisung stattgefunden habe, ist vorhanden, viele Erscheinungen lassen sich durch eine derartige Annahme einfach erklären, aber ein entscheidender Beweis ist nicht gegeben, und auch die Voraussetzung zweimaliger Vereisung ist hinreichend, um von den bisher beobachteten Vorkommnissen Rechenschaft zu geben.

Wir haben uns bei der Besprechung der ältern und jüngern Glazialbildungen wesentlich auf die Verhältnisse in den Gebieten des Inn, der Isar und der benachbarten Gegenden beschränkt und nur gelegentlich Beispiele aus andern Teilen der Alpen angeführt; daß solche erwähnt werden konnten, zeigt schon, daß dieselben Vorgänge sich allenthalben innerhalb dieses Gebirges wiederholt haben, und eine nähere Untersuchung bestätigt dieses auch. Allein selbst ohne genaue Kenntnis des ganzen Alpengebietes hätte man dieses schon von vornherein behaupten können; das Anwachsen von Gletschern in so riesigem Maßstabe, daß sie weit über den Gebirgsrand hervortreten und in der Ebene ein auf viele Meilen zusammenhängendes Inlandeis bilden, das Abschmelzen dieser Eismassen bis tief in die alpinen Thäler hinein und deren abermaliges und verstärktes Vorbrechen, das sind Erscheinungen, welche unmöglich von eng beschränktem, lokalem Charakter sein können, die sich nur in wenigen benachbarten Thalgründen geltend gemacht haben. Hier waren große, tiefgreifende Veränderungen der meteorologischen Verhältnisse vorhanden, die mindestens die ganze alpine Region, wahrscheinlich aber viel größere Räume umfassen mußten.

Außerordentlich viel ist über die Bedeutung der interglazialen Ablagerungen gesprochen und gestritten worden, ob uns dieselben nur kleinere Schwankungen einer und derselben großen Eiszeit darstellen, oder ob wir es mit zwei, resp. drei ganz verschiedenen Vereisungen zu thun haben. Während Heer nach seinen ersten epochemachenden Untersuchungen über die Schieferkohlen der Schweiz die letztere Ansicht vertrat, wandte sich die Mehrzahl der Geologen der erstern Auffassung zu. Eine Einigung konnte nicht erzielt werden, um so weniger, als von verschiedenen Forschern unter dem Namen einer Oszillation oder einer zweimaligen Vereisung sehr verschiedene Dinge verstanden wurden, und bei der Vieldeutigkeit dieser allgemeinen Ausdrücke, die keine quantitative Bestimmung in sich enthalten, kommt es viel weniger darauf an, welches Wort für die vorhandenen Erscheinungen gewählt wird, als auf die annähernde Feststellung der Grenzen, wie weit das Eis während der Ablagerung der Interglazialgebilde zurückgegangen ist.

Von manchen Seiten wird angenommen, daß die Schieferkohlen der Schweiz sich in einer Periode gebildet haben, während welcher das Inlandeis so weit abgeschmolzen war, daß dasselbe eben nur die Stellen freiließ, an welchen die Kohlenbildungen auftreten, aber sich doch noch ganz in der Nähe derselben hielt. Man beruft sich dabei auf die Thatsache, daß jetzt die Zungen mancher Gletscher in der Schweiz bis in die Region reicherer Vegetation hinabreichen, ja daß in der Südinsel von Neuseeland Baumfarne und subtropische Gewächse die Gletscherenden umgeben, daß dieselben im Feuerlande mitten zwischen unglaublich üppigen Laubwäldern bis ans Meer hinabsteigen. Diese Gründe sind aber durchaus nicht stichhaltig, und namentlich in Bezug auf die Verhältnisse in Neuseeland beruhen diese Angaben auf Irrtum und mißverständlichen Deutungen von Notizen älterer Reisender. Vor allem aber ist es ein sehr großer Unterschied, ob aus den Hochregionen eines alpinen Gebirges einzelne Gletscherzungen in den Bereich reichen Pflanzenwuchses gelangen, oder ob an dem Rande eines kolossalen, bis in die Ebene herabreichenden und hier sich über weite Strecken ausdehnenden Inlandeises eine solche Vegetation vorkommt. Solche

Eismassen finden sich heute auf Grönland, Spitzbergen, überhaupt in hochnordischen Gegenden, in ihrer Umgebung gedeiht nur eine äußerst dürftige Vegetation, und mit diesen Vorkommnissen müssen wir das diluviale Alpeneis vergleichen, wenn wir die jetzigen Verhältnisse in Betracht ziehen wollen. Es wäre demnach in direktem Widerspruche mit allem, was wir in der Jetztwelt sehen, wenn wir annehmen wollten, daß eine Vegetation von Eichen, Fichten, Föhren, Haselnußstauden und all den andern Pflanzen, die wir aus der Schieferkohle kennen gelernt haben, am Rande einer riesigen Eiswüste fortgekommen sei. Unmittelbar widerlegt wurde aber jede derartige Vermutung durch die Auffindung der eigentlichen Glazialflora, welche der schwedische Forscher Nathorst bei Schwarzenbach im Kanton Zürich in einer Lettenlage unmittelbar über der Grundmoräne fand; hier haben wir die Pflanzen vor uns, die am Rande des Eises wuchsen: die zwergige Polarweide und einige andre kleinere Weidenarten, die Zwergbirke, Silberwurz (Dryas octopetala), Bärentraube (Arctostaphylos uva ursi) und ein Knöterich (Polygonum viviparum), Formen, welche alle heute im hohen Norden vorkommen und mit Ausnahme der Polarweide auch in den Hochalpen zu finden sind. Gerade der Unterschied zwischen dieser Flora und derjenigen der Schieferkohle zeigt am deutlichsten, daß während der Bildung der letztern eine ganz erhebliche Wärmezunahme und demgemäß ein sehr bedeutender Rückgang des Eises stattgefunden haben muß.

Zu demselben Resultate führt uns die oben erwähnte Thatsache, daß die Höttinger Breccie bei Innsbruck eine interglaziale Bildung darstellt; das Eis hatte sich also während der wärmern Zwischenperiode nicht nur von dem Vorlande zurückgezogen, sondern auch bei Innsbruck, in dessen Nähe gerade einige der größten vergletscherten Seitenthäler einmünden, war das Thal eisfrei. Offenbar gelangten also auch die Gletscher von Stubai und Sellrain nicht mehr in das Innthal. Sofort aber stellt sich die weitere Frage ein, ob der Rückzug des Eises noch weiter ging, ob das Eis etwa so stark eingeschränkt war, wie es heute ist, und sich nur in den hintersten Thalgegenden in den eigentlichen Hochregionen hielt. Einen Beweis dafür hat das Alpengebiet nicht geliefert; wir beschäftigen uns daher für den Augenblick nicht weiter mit der Frage nach der Bedeutung der Interglazialzeit, deren außerordentliche Wichtigkeit wir später noch kennen lernen werden.

Wir haben die hauptsächlichsten Erscheinungen kennen gelernt, welche die Vereisung der Alpen mit sich gebracht hat, wir wollen nur noch einen Blick auf die Masse des Materiales werfen, welche während dieser Zeit aus dem Gebirge heraustransportiert wurde. Genaue Angaben in dieser Richtung sind natürlich nicht möglich, und selbst annähernde Schätzungen sind für das ganze Areal auf verläßlicher Grundlage noch nicht versucht worden. Für das Gebiet der oberbayrisch-schwäbischen Hochebene zwischen Iller und Inn hat Penck eine derartige Taxation vorgenommen, die wenigstens eine ungefähre Idee zu geben im stande ist. Die Länge dieses Bezirkes beträgt etwa 150 km, die Breite der Glazialablagerungen etwa 60 km, während die Mächtigkeit derselben nicht mit weniger als 60 m angenommen werden kann; daraus ergibt sich, daß etwa 540 Milliarden cbm oder, dem Gewichte nach, etwas über 1000 Billionen kg Gestein in der Ebene abgelagert worden sind; denkt man sich diese Massen auf das Gebiet wieder verteilt, aus welchem sie herstammen, so würden sie über dasselbe eine Decke von etwa 36 m Dicke bilden. Natürlich sind aber diese Zahlen viel zu niedrig gegriffen, denn es ist dabei nicht berücksichtigt, welche Menge von Material während der Glazialzeit als Gerölle, Sand, Schlamm und als gelöste Bestandteile von den Flüssen dem Gebiete entführt wurde, ein Quantum, das sich allerdings jeder Berechnung entzieht, das aber jedenfalls die oben angegebenen Zahlen bedeutend vergrößern würde, so daß also das Gebirgsland in diesem Gebiete während der Eiszeit jedenfalls im Durchschnitte um mehr als 40 m erniedrigt wurde.

Auf die Ursachen der Vereisung einzugehen, ist hier nicht der Platz, es handelt sich nicht um ein örtlich beschränktes, sondern um ein sehr weit verbreitetes Phänomen, auf das in dieser Richtung weiter einzugehen erst möglich sein wird, wenn wir dasselbe in seinem ganzen Umfange kennen gelernt haben werden.

Das nordeuropäische Landeis.

Einen ganz andern Typus der Vereisung, als wir ihn in den Alpen kennen gelernt haben, bietet uns Nordeuropa; im ersten Falle war ein hohes Gebirge Zentrum und Ausgangspunkt, die diluvialen Erscheinungen erwiesen sich sehr deutlich als eine einfache Steigerung der jetzigen Gletscher, und die südliche Lage gestattete hier keine Verbreitung im allergrößten Maßstabe, die Ausdehnung des Eises außerhalb des Gebirges bleibt erheblich kleiner als innerhalb. Ganz anders im Norden; wohl sind auch hier in Skandinavien Gebirge vorhanden, welche Hauptherde der Eisverbreitung wurden, allein Umfang und Höhe derselben bleiben gegen die der Alpen weit zurück, und wenn man die Ausdehnung der erstern mit derjenigen der vergletscherten Areale von Flachland und seichten Meeresbecken vergleicht, so ergibt sich ein durchaus andres Verhältnis, das nordische Bergland bildet hier nur eine verschwindend kleine Größe. Natürlich mußten damit auch die Schwierigkeiten für eine richtige Deutung ganz außerordentlich anwachsen. Erratische Blöcke aus Skandinavien liegen an der englischen Küste, an der Mündung des Rheines, in Sachsen am Rande des Erzgebirges, in der polnischen Ebene am Fuße der Karpathen, bei Kiew am Dnjepr oder bei Nishnij Nowgorod an der Wolga, und der Gedanke, daß dieselben an diese ihre Lagerstätten von Schweden oder Norwegen her auf dem Rücken der Gletscher transportiert worden seien, welche über die Becken der Nordsee und Ostsee ununterbrochen weggingen, ist so fremdartig, er streift so nahe ans Abenteuerliche und Wunderbare, daß man sich sträuben mußte, ohne zwingende Notwendigkeit auf denselben einzugehen. Es mußte zuerst Skandinavien genau erforscht und die Natur seiner Glazialablagerungen erkannt sein, und erst von hier aus konnte die Deutung der in der nordeuropäischen Ebene liegenden Vorkommnisse versucht werden.

Schweden und Norwegen zeigen überall die deutlichsten Zeichen einer überaus starken Vereisung, welche nach allen vorhandenen Anhaltspunkten das ganze Land vom Nordkap bis zur Südspitze mit einer zusammenhängenden, von der Mitte nach allen Seiten hin abfallenden Decke umhüllte. Aus dieser ungeheuern Gletscherwüste ragte vielleicht kein Berg hervor, in endloser Gleichförmigkeit dehnte sich ein Inlandeis aus von ähnlicher Beschaffenheit, wie wir es durch die skandinavischen Forschungsreisenden aus dem Innern von Grönland kennen. Geschliffene und geschrammte Felsoberflächen, Rundhöckerbildung, zahlreiche Seen, kurz alle charakteristischen Eigentümlichkeiten eines ehemaligen Glazialterrains treten uns in ausgezeichnetster Entwickelung entgegen. Auch Moränenablagerungen finden sich in großer Mächtigkeit, und zwar ist es vorwiegend Geschiebelehm, das Produkt der Grundmoräne, das uns hier als „Krosstenslera“ begegnet, mit genau denselben Merkmalen, die wir oben an den entsprechenden Gebilden der alpinen Region kennen gelernt haben. Namentlich in den nördlichen Gegenden fehlen, wie es scheint, andre Glazialablagerungen fast ganz, und nur im Süden, besonders in Schonen, dem südlichsten Teile Schwedens, gesellen sich auch geschichtete Sande und Thone dazu. Hier finden wir untere geschichtete Sande, welche unter dem Geschiebelehme liegen und in ähnlicher Weise wie in den Alpen als die Ablagerungen von Schmelzwassern der herannahenden Vergletscherung betrachtet werden müssen.

Für die richtige Deutung dieser Sande und Thone, welche auch in Norddeutschland eine sehr große Rolle spielen, ist namentlich der Vergleich mit den isländischen Hvitáar, den aus den dortigen Gletschern strömenden Flüssen, von großer Wichtigkeit, da hier nach den Untersuchungen von Torell und Keilhack genau dieselben Vorgänge sich noch heute abspielen. Torell schildert diese Vorkommnisse folgendermaßen: „Auf Island hat die große Mehrzahl der großen Gletscher (Jöklar) ein ganz andres Aussehen als die Gletscher der Alpen. Die großen von Schnee und Eis bedeckten Gebirge zeigen größtenteils gar keine malerischen Alpenformen, sondern sehen eher, besonders von fern, wie große schnee- und eisbedeckte Plateaus aus. Die Gletscher derselben breiten sich sehr oft weit über die Tiefebenen aus und haben dann ein Aussehen wie große Felder von Eis. Die überall, z. B. vom Rande des Oraefajökel, hervordringenden Gletscherströme breiten über die vor dem Gletscher befindliche Ebene mitgeschwemmte Gerölle, Grus, Kies und Sand aus, und das Meer wird auch hierdurch so sehr verlandet, daß an solchen Stellen kein Hafen, wohl aber lange Sandriffe vorkommen. Die Ströme sind ebenso seicht wie zahlreich, und man kann gewöhnlich über dieselben reiten. Ein und derselbe Strom kann von mehreren kleinen zusammengesetzt sein, welche sich jedoch schließlich vereinigen. Hornefjot wird in dieser Weise in der Nähe des Gletschers in ungefähr 30 breite und reißende, aber sehr seichte Arme geteilt, welche bald getrennt sind, bald wieder zusammenfließen. Diese Ströme haben demgemäß keine bestimmten Betten, sondern diese wechseln unaufhörlich. Die Ursache davon ist ohne Zweifel die stete Umänderung der losen Ablagerungen, welche von dem strömenden Wasser ununterbrochen umgearbeitet und mitgeführt werden. Nach einem heftigen Regen habe ich einmal die Ebene vor einem Gletscher so überschwemmt gefunden, daß dieselbe an ihr Aussehen vom vorhergehenden Tage gar nicht erinnerte. Wenn diese Beobachtungen auf das erratische Gebiet der Eiszeit angewandt werden, und wenn man dazu erkennt, daß das skandinavische Binneneis sich einmal bis an die Grenze der erratischen Geschiebe ausgedehnt hat, so darf man annehmen, daß die Formationen der nordeuropäischen Ebene vor dem Binneneise von den zahllosen Gletscherströmen denudiert und umgearbeitet worden sind, so daß neue geschichtete Ablagerungen von derselben Beschaffenheit und Zusammensetzung wie der Diluvialsand und der Diluvialthon entstanden sein können, die unter solchen Umständen ihr Material sowohl von den unterliegenden Formationen als von dem vom Eise mitgebrachten fremden Gesteinen durch die Wirksamkeit der Gletscherströme erhalten haben. Dagegen würden größere Geschiebe in diesen Ablagerungen selten vorkommen. Das im Fortschritte begriffene und über diese Lager sich bewegende Eis würde dieselben später zum Teile denudieren und wohl auch durch seinen Druck Schichtstörungen hervorrufen, bis es sie endlich mit seinen Grundmoränen, Geschiebelehm, ‚Krosstenslera‘, bedeckte. Während der oszillatorischen Bewegungen des Eises dürften nicht selten Einlagerungen von Grundmoränen zwischen den geschichteten Lagen der Ströme entstehen können.“

Über den untern Sanden, deren Entstehung durch die vorstehende Schilderung Torells außerordentlich anschaulich gemacht wird, folgt dann in Schonen die Grundmoräne, „Krosstenslera“, auf deren Schilderung wir nicht weiter einzugehen brauchen. In den meisten Gegenden von Skandinavien bildet dieselbe eine ungeteilte Masse, innerhalb welcher geschichtete Einlagerungen von größerer Ausdehnung und bedeutender Mächtigkeit nicht vorzukommen scheinen, im südlichsten Teile, in Schonen, aber unterscheidet man zwei Abteilungen, unten die blaue Krosstenslera und, von dieser durch geschichtete Einlagerungen getrennt, die obere, gelbe Krosstenslera. Die zwischen beiden Geschiebelehmen liegenden geschichteten Bildungen sind Sand und Thon mit einigen Süßwasserkonchylien und mit Pflanzenresten, unter welchen die Zwergbirke und Dryas octopetala die bedeutendste Rolle spielen. Wir haben es hier mit einer interglazialen Ablagerung zu thun, wie wir sie in

den Alpen kennen gelernt haben, aus deren Vorhandensein auf einen zeitweiligen Rückzug des Eises geschlossen werden muß. Allerdings darf, wie wir gesehen haben, nicht aus jeder lokal beobachteten Wechsellagerung eine tiefgreifende Änderung der Vereisung gefolgert werden, sondern dies ist nur dann berechtigt, wenn eine derartige geschichtete Einlagerung in großer Mächtigkeit auftritt und über weite Strecken verfolgt werden kann. Dies ist jedoch hier in Schonen der Fall, und wir werden sehen, daß dieselbe Einschaltung interglazialer Bildungen sich auch jenseit der Ostsee auf deutschem Boden nachweisen läßt.

Über dem obern, gelben Geschiebelehme finden sich postglaziale Gebilde; geschichtete Sande, welche von den Schmelzwassern der sich zurückziehenden Eismassen herrühren, sind nicht allgemein verbreitet, doch scheinen in manchen Gegenden die Ablagerungen des sogenannten „Rullstensgrus“ eine derartige Rolle zu spielen. Eine andre höchst eigentümliche Erscheinung, die ebenfalls diesem Zeitraume angehören dürfte, deren Erklärung aber trotz zahlreicher Versuche in dieser Richtung noch immer nicht vollständig gelungen ist, sind die sogenannten Åsar, steile, wallartige Rücken von bedeutender, bis zu 50, ja 60 m ansteigender Höhe, die aus Geröllen, Kies und Sanden bestehen; in bedeutender Länge, die bei einigen 200 km übersteigt, streichen sie ziemlich parallel miteinander in annähernd nordsüdlicher Richtung und öfters sich gabelnd vom Meere bis zu einem Niveau von etwa 360 m landeinwärts.

Wir können nicht näher auf die verschiedenen Ansichten über die Entstehung der Åsar eingehen, von denen die eine sie für marine Bildungen, die andre für Erosionsreste einer alten Flußanschwemmung hält, eine dritte aber sie mit den Strömungen in Verbindung bringt, die beim Abschmelzen der Gletscher entstanden, während wieder andre in denselben ursprüngliche Runzeln und Falten der Grundmoräne sehen ꝛc.

Seitlich schließen sich an die Åsar, an deren Fuße, häufig Meeresbildungen mit zahlreichen Resten von Schnecken- und Muschelschalen an. Solche marine Diluvialablagerungen sind überhaupt in Skandinavien sehr verbreitet und finden sich namentlich längs der Küsten in zahlreichen „gehobenen Muschelbänken“, welche in verschiedenen Höhen über dem Meeresspiegel bis zu einem Niveau von etwa 200 m ansteigen. Das Meer stand also gegen Ende der Diluvialzeit um so viel höher als jetzt an den dortigen Gestaden und zog sich dann allmählich in seine jetzigen Grenzen zurück. Indem es sank, ließ es in verschiedenen Höhen bei seinem Rückgange Muschelbänke zurück, und natürlich ist daher die höchst gelegene dieser Bänke die älteste, und die übrigen sind um so jünger, je tiefer sie liegen. Vergleicht man nun die Muschelfaunen dieser einzelnen Bänke, so kann man beobachten, wie sich allmählich der Charakter der Fauna verändert hat. Die höchst gelegenen Muschelschichten enthalten Konchylien, wie sie heute nur noch hoch im Norden leben; **Mya truncata, Saxicava arctica** in sehr dickschaligen Varietäten, **Pecten islandicus, Buccinum groenlandicum, Trophon clathratum, Yoldia arctica** und andre sind charakteristische Typen dieser Gesellschaft, die sich an zahlreichen Punkten, in reichster Entwickelung wohl bei Uddevalla in Schweden, findet. Steigt man weiter abwärts, so trifft man Ablagerungen, in welchen die hochnordischen Formen seltener, die weiter oben durch große Dickschaligkeit ausgezeichneten Typen dünner werden und sich mehr und mehr die heutige Nordseefauna einstellt, welche auch in das Ostseebecken übergreift. Erst die jüngsten, im tiefsten Niveau auftretenden Bänke des Ostseebeckens enthalten jene ärmliche und kleine Fauna, welche heute die schwach gesalzenen Gewässer dieses Gebietes charakterisiert.

Wollen wir aus diesen Daten eine Geschichte der Skandinavischen Halbinsel in der Diluvialzeit ableiten, so müssen wir noch die Richtung ins Auge fassen, welche das Inlandeis bei seiner Bewegung einschlug; den besten Aufschluß darüber geben uns die Schrammen, welche die vom Eise fortgeschleppte Grundmoräne auf den geschliffenen Felsoberflächen

hinterlassen hat. Diese Kritzen, welche die nordischen Geologen mit großer Sorgfalt untersucht haben, zeigen zwar in den Einzelheiten vielfache Abweichungen, häufig treten sogar sich kreuzende Richtungen auf, aber der Hauptsache nach läßt sich die Erscheinung dahin zusammenfassen, daß vom Zentrum des Landes die Schrammungsrichtung nach allen Seiten den Rändern zugewendet ist; im Norden gehen die Kritzen dem Eismeere zu, auf dem Westabfalle der Nordsee, im Süden weisen sie auf den Sund und die Ostsee, auf dem Ostabfalle nach dem Bottnischen Meerbusen. Zu demselben Ergebnisse gelangen wir auch, wenn wir die Bewegungsrichtung der Geschiebe ins Auge fassen, welche das skandinavische Eis forttrug; auch sie strahlen von der Mitte nach allen Seiten aus, und sie wurden, wie wir sehen werden, von hier aus in ganz außerordentliche Entfernungen verfrachtet.

Das Bild, welches wir daraus ableiten können, ist etwa folgendes: Zu Beginn der Diluvialzeit breiteten sich von den Gebirgen Skandinaviens riesige Gletscher aus, deren Herannahen durch die untern geschichteten Sande bezeichnet wird. Allmählich ist das ganze Land vereist, und es lagern sich Materialien der Grundmoräne, die blaue Krosstenslera, ab; dann ziehen sich die Gletscher zurück, doch scheint nur der südliche Teil von Schweden für längere Zeit eisfrei gewesen zu sein, denn nur hier konnten bis jetzt bedeutendere interglaziale Ablagerungen mit Süßwasserkonchylien nachgewiesen werden. Dann rückte das Eis wieder alles umhüllend vor und setzte die gelbe Krosstenslera ab. Nun erfolgt das endgültige Abschmelzen der Vereisung, geschichtete Rückzugsablagerungen desselben finden sich aber nur in beschränktem Maße (Rullstensgrus), und es bilden sich die seltsamen und rätselhaften Rücken der Åsar. Gleichzeitig stieg der Meeresspiegel bedeutend an, dann sank er wieder, und während des letztern Vorganges verschwand die bis dahin vorhandene hochnordische Fauna der Meerestiere allmählich, und an ihre Stelle trat die heutige Nordseefauna. Den Schluß des ganzen Vorganges bildet die Aussüßung der Ostseegewässer und die Entwickelung der verarmten Fauna, welche heute dieses Becken bewohnt.

Skandinavien war jedoch nicht das einzige Bildungsgebiet des großen nordeuropäischen Binneneises. Beobachtungen ganz ähnlicher Art, auf deren Einzelheiten wir hier nicht eingehen können, zeigen, daß in derselben Weise auch Finnland mit seinen zahllosen Seen, ferner die russischen Ostseeprovinzen ebenfalls mächtige Mittelpunkte darstellen, von welchen die Vereisung ausging; ja, wie wir sehen werden, spielt sogar gegen Ende der Eiszeit die baltische Eismasse eine größere Rolle als die skandinavische.

Wir wenden uns den randlichen Teilen der großen nordischen Eisausbreitung zu, welche keine oder nur äußerst unbedeutende selbständige Gletscherbildung besaßen und nur von den oben besprochenen Zentren aus vereist wurden. Weitaus am besten bekannt und für uns am wichtigsten ist die norddeutsche Ebene[1], deren merkwürdige Verhältnisse wir nun kennen lernen müssen. Erst hier, indem wir die Ausbreitung der erratischen Erscheinungen und deren gewaltige Stärke selbst in weiten Entfernungen vom Ausgangspunkte überblicken, wird es möglich werden, uns eine richtige Vorstellung von der ungeheuern Bedeutung dieser Erscheinungen zu machen.

Die ungefähre Grenze der Vereisung in der norddeutschen Ebene wurde schon angedeutet; die westlichsten Ausläufer derselben finden wir in der Gegend der Rheinmündung, bis zu welcher von Norden her die nordischen Geschiebe in Menge auftreten; südlich vom Rheine werden sie selten, doch finden sie sich noch auf ziemlich bedeutende Erstreckung, so daß fast ganz Holland und ein Teil von Belgien in den Bereich derselben fallen. Von

---

[1] Ich halte mich für verpflichtet, hier hervorzuheben, daß ich bei der Darstellung dieses Gegenstandes eine vor kurzem erschienene zusammenfassende Schrift von W. Dames, „Die Glazialbildungen der norddeutschen Ebene“, in sehr ausgedehntem Maße benutzt habe.

hier aus verläuft dann die Grenze durch Westfalen, das südliche Hannover und Braunschweig dem Rande der mitteldeutschen Gebirgslandschaft entlang, so daß also der Teutoburger Wald und der Harz dem Eisstrome ein Ende setzten. Östlich vom Harze sprang dann das Eis weit nach Süden nach Thüringen vor und bedeckte den größten Teil von Sachsen, wo die Grenze der Vergletscherung südlich von Zwickau, Chemnitz, Dresden und Zittau vorüberzog und dann vom Fuße des Lausitzer Gebirges, des Riesengebirges und der Sudeten durch Schlesien zum Fuße der Karpathen verlief, dem es dann durch Galizien folgte. Von hier aus tritt die Südgrenze des Eises bei Brody auf russisches Gebiet über, wo zuerst Murchison und Verneuil und neuerdings Nikitin ihren Verlauf untersuchten; nach einer Einbuchtung gegen Norden erreicht sie am untern Dnjepr unterhalb Kiew etwa unter 48° nördlicher Breite ihren südlichsten Punkt, zieht sich dann bis gegen Kaluga und Tula nach Norden zurück, um dann am Don wieder bis zum 50.° nach Süden zurückzukehren. Von hier aus wendet sie sich endgültig nach Norden und überschreitet die Wolga östlich von Nishnij Nowgorod; endlich erreicht die Grenze entweder zwischen dem Weißen Meere und dem Taimyrgebirge das Eismeer, oder das skandinavisch-finnische Eis fließt mit demjenigen zusammen, welches sich selbständig im Gebiete des Taimyrgebirges und des nördlichen Urals entwickelt.

Die Aufeinanderfolge der diluvialen Ablagerungen im nördlichen Deutschland zeigt mit derjenigen im südlichen Schweden und in der alpinen Region viele Verwandtschaft; auch hier beginnt die Serie mit geschichteten Sanden und Thonen, deren Ablagerung den Schmelzwassern der herannahenden Vergletscherung zugeschrieben wird, dann folgt der untere, blaue Geschiebelehm, darüber eine interglaziale geschichtete Sandablagerung, dann oberer, gelber Geschiebelehm, endlich der sogenannte Decksand, das Absatzprodukt der Abflüsse aus dem sich zurückziehenden Inlandeise. Wir sehen, daß in den Hauptzügen dieselbe Entwickelung herrscht, wie wir sie namentlich in Schonen kennen gelernt haben, und auch in der Beschaffenheit der einzelnen Sandablagerungen, der Geschiebelehme ꝛc. ist die Übereinstimmung eine ganz außerordentliche. Da nun überdies die Glazialbildungen von Schonen denjenigen der dänischen Inseln und diese wieder denjenigen Norddeutschlands räumlich überaus nahe gerückt sind, so dürfen wir schon aus diesem Grunde annehmen, daß sie alle auf dieselbe Weise durch Inlandeis abgelagert wurden. Es ist geradezu undenkbar, daß die Geschiebemergel auf Seeland auf andre Art entstanden seien als diejenigen, welche auf der andern Seite des Sundes an der schwedischen Küste anstehen, und ebensowenig ist es möglich, eine vollständig verschiedene Bildungsweise für die Geschiebelehme der Insel Fünen und diejenigen der gegenüberliegenden schleswigschen und jütischen Küste anzunehmen.

Wenn trotzdem sehr lange Zeit hindurch die norddeutschen Diluvialbildungen als Meeresablagerungen betrachtet wurden, in welche die größern Steine und Blöcke von schmelzenden Eisbergen hinabsanken, so ist das durch die eigentümlichen lokalen Verhältnisse sehr wohl begründet, welche eine Menge von scheinbar gewichtigen Gründen für diese sogenannte Drift- und gegen die Gletschertheorie an die Hand gaben. In erster Linie sah man die norddeutsche Ebene von dem Hauptherde der Vereisung, von Schweden und Norwegen, durch Meer getrennt, man sah überdies marine Diluvialablagerungen an den skandinavischen Küsten bis zu einer Höhe von 200 m über dem Meeresspiegel ansteigen, und somit schienen alle Bedingungen für die Eisdrift gegeben, während die Annahme doch bedenklich erscheinen mußte, daß Inlandeis über einen einige Hundert Meter tiefen Meeresarm weggeschritten sei und das Wasser aus demselben verdrängt habe.

Ferner sind die diluvialen Ablagerungen, als Ganzes betrachtet, doch deutlich geschichtet; der Geschiebemergel enthält, namentlich in seinen tiefern Schichten, nicht selten Schneckengehäuse, deren Vorhandensein im Moränenmateriale nicht möglich schien, und endlich zeigt

die Verteilung der Geschiebe so merkwürdige Unregelmäßigkeiten, daß sie mit der Annahme einer Verschleppung durch Inlandeis unvereinbar schien. So findet man z. B. in Schlesien Gesteine, deren Herkunft aus Schweden mit absoluter Sicherheit festgestellt werden konnte, während in Holstein und in den Niederlanden solche aus den russischen Ostseeprovinzen auftreten; es sind das Transportrichtungen, die sich ungefähr unter einem rechten Winkel schneiden, die also nicht einer einheitlich sich fortwälzenden Eismasse zugeschrieben werden können, während bei der Annahme einer Verschleppung durch Eisberge eine Erklärung durch wechselnde Windrichtung rc. sehr leicht erscheint. Diese Gründe drängten natürlich zur Drifttheorie als der einzig möglichen Auffassung und das um so mehr, als ein eingehender Vergleich der schwedischen mit den norddeutschen Glazialschichten niemals vorgenommen worden war. Wohl hatte A. Bernhardi schon im Jahre 1832 sich für die Gletschertheorie ausgesprochen, im allgemeinen aber hielt man stets an der Drifttheorie fest, bis der schwedische Geolog Torell, der sich ein vergleichendes Studium der Glazialablagerungen verschiedener Gegenden zur Aufgabe gemacht hatte, sich von der Übereinstimmung der Vorkommnisse in Schweden und in der Umgebung von Berlin überzeugte und im Jahre 1875 aussprach, daß ganz Norddeutschland von einer zusammenhängenden Masse von Inlandeis bedeckt war und auf diesem Wege seine Geschiebe erhalten habe. Bald schloß sich die große Mehrzahl der deutschen Geologen dieser Ansicht an, und seither haben die Arbeiten von Berendt, Credner, Dames, Gottsche, Helland, Jentzsch, Keilhack, Laufer, Nötling, Penck, Wahnschaffe und zahlreichen andern Beweise für die Richtigkeit dieser Auffassung beigebracht, an deren entscheidendem Gewichte nicht gezweifelt werden kann. Wir werden ihren Darstellungen folgen und dabei die Gründe für und wider die eine und die andre Ansicht kennen lernen. Hier sei nur beiläufig erwähnt, daß der hohe Stand des Meeres in Skandinavien erst nach der Vereisung stattfand, daß trotz der im allgemeinen vorhandenen schichtweisen Verteilung der Materialien die eigentlichen Geschiebelehme doch ungeschichtet sind, und daß die verschiedenen Richtungen des Geschiebetransportes darauf beruhen, daß in zwei aufeinander folgenden Phasen der Vereisung die Bewegung einmal vorwiegend von Skandinavien, das andre Mal von den russischen Ostseeprovinzen ausging.

Wie schon erwähnt, bilden das älteste Glied des norddeutschen Diluvium geschichtete Sande, wie wir sie auch in den Alpen und in Norwegen als das Anzeichen einer herannahenden Vereisung kennen gelernt haben; zu ihnen gesellen sich in großer Verbreitung zarte, geschichtete Thone, deren einzelne Schichten verschieden gefärbt sind, und welche daher den Namen Bänderthone erhalten haben. Außer diesen Gebilden, welche denjenigen vollständig gleichen, welche anderwärts unter ähnlichen Verhältnissen auftreten, kommen aber auch Ablagerungen mit Fossilresten vor, welche von großem Interesse sind; in erster Linie sind Süßwasserkalke zu nennen, welche von Keilhack und Wahnschaffe bei Blezig an der Berlin-Dresdener Bahn, bei Görtzke, Ülzen, Korbiskrug, bei Bienenwalde und bei Soltau in der Lüneburger Heide gefunden wurden; sie enthalten Reste von Hirsch, Damhirsch, Reh und Rind, ferner Hecht, Karpfen und Barsch sowie eine Menge von Land- und Süßwassermollusken, die noch heute in unsern Gegenden leben. Auch die Flora ist eine ziemlich bedeutende und ist der Hauptsache nach aus Pflanzen zusammengesetzt, welche auch jetzt wieder hier vorkommen, wie Eiche, Birke, Pappel, Weißbuche, Ahorn (Acer platanoides), Linde, Erle, Weide, Kastanie, Kiefer, Stechpalme, Heidelbeere rc. Das Klima war also von dem jetzigen nicht sehr verschieden, ja das Vorkommen der Kastanie, Linde und des Ahornes läßt eher auf etwas wärmere Temperatur schließen. Wir sehen aber auch, daß in dem größten Teile des norddeutschen Gebietes die ältesten diluvialen Bildungen sich nicht im Meere, sondern im süßen Wasser gebildet

haben, und dies wird auch durch das sehr verbreitete Vorkommen einiger Süßwasserkonchylien in den oben genannten Thonen und Sanden bestätigt. Unter ihnen findet sich als wichtigste Form eine ausgestorbene Art aus der großen Gattung der Sumpfschnecken, Paludiana diluviana, welche auffallend an gewisse Typen der mittelpliocänen Paludinenschichten von Südosteuropa erinnert und für die untern Diluvialbildungen Norddeutschlands sehr charakteristisch ist.

Allerdings fehlt es neben diesen Binnenbildungen nicht an marinen Ablagerungen desselben Alters, allein dieselben nehmen einen sehr geringen Raum ein und sind auf ganz bestimmte, am Rande des Gebietes gelegene Striche beschränkt. Ein Vorkommen dieser Art findet sich in Schleswig-Holstein, wo an mehreren Punkten, auf Alsen, in der Gegend von Apenrade und an einigen andern Orten, Mergel und Thone auftreten, welche der Hauptsache nach noch jetzt in der Nordsee lebende Konchylien enthalten; nur das häufige Vorkommen von Cyprina islandica und Saxicava arctica deuten auf etwas niedrigere Temperatur. In weiter Entfernung von hier finden sich ganz ähnliche Gebilde wieder in Westpreußen, namentlich in der Umgebung von Elbing, und enthalten eine Molluskenfauna, welche der schleswig-holsteinischen sehr nahe verwandt, aber durch das Auftreten einzelner hochnordischer Formen, Yoldia arctica und Astarte borealis, ausgezeichnet ist.

Dieses Vorkommen ist von sehr großer Wichtigkeit; in erster Linie sehen wir darin eine Bestätigung der Schlüsse aus den marinen Ablagerungen in Schweden, daß nämlich eine Ostsee mit schwach gesalzenem Wasser, wie sie heute ist, in den frühern Abschnitten der Diluvialzeit noch nicht existierte. Wir sehen aber auch, daß das Wasser des westpreußischen Meeresteiles kälter war als dasjenige der holsteinischen Region, und es wird dadurch wahrscheinlich, daß, wie Lovèn schon längst vermutet hatte, aus dem östlichsten Teile der heutigen Ostsee eine Meeresverbindung nach Nordosten über den Ladoga- und Onegasee nach dem Weißen Meere und dem Eismeere bestand.

Eine Frage, welche noch nicht mit Sicherheit beantwortet werden kann, ist die, ob die Ablagerungen in Schleswig-Holstein und diejenigen der Umgebung von Elbing aus einem zusammenhängenden Meere stammen, ob, mit andern Worten, das Becken der Ostsee in präglazialer Zeit schon existierte. Wir kennen aus dem Gebiete zwischen den beiden erwähnten Ablagerungen keine marinen Bildungen dieses Alters[1], weder aus Norddeutschland noch aus Schweden, und seit langer Zeit ist von Beyrich die Ansicht ausgesprochen worden, daß diese Gegend festes Land war und erst später vom Meere eingenommen wurde. In der That geben uns auch die untern Diluvialablagerungen Norddeutschlands einen Anhaltspunkt zur weitern Begründung dieser Ansicht an die Hand. Es wurde erwähnt, daß dieselben als Ablagerungen betrachtet werden, welche beim Herannahen des nordischen Inlandeises von den diesem entströmenden Wassermassen gebildet worden seien, und in der That enthalten sie in Menge kristallinische Trümmer skandinavischer Herkunft. Bei dem ziemlich feinen Korne der Sande können sie wenigstens der Hauptmasse nach nicht in unmittelbarer Nähe des Eises gebildet worden sein, und dies bestätigt auch der Charakter der oben erwähnten präglazialen Tier- und Pflanzenreste.

Wenn nun das Ostseebecken in seiner vollen Ausdehnung, wenn auch wohl mit erheblich anderm Umrisse, damals schon bestand, so mußte das Eis sich von Schweden aus in dasselbe hinabsenken und sich dann an der deutschen Küste wieder emporschieben, es bewegte sich also im letztern Teile seines Weges dem allgemeinen, wenn auch sanften Abfalle des Landes entgegen. Es ist das durchaus keine Unmöglichkeit, wenn nur die Dicke

---

[1] Die von Friebel bei Kolberg an der Persante in Hinterpommern gefundene Meeresfauna ist vermutlich jünger.

des Eises bedeutend größer ist als die zu überwindenden Höhenunterschiede. Wohl aber ist es unmöglich, daß die Schmelzwasser bergauf strömen; diese mußten, wenn das Relief des Bodens dasselbe war wie heute, entweder unter dem Eise versickern oder westwärts einen Abfluß suchen. Nach Süden konnten sie nur gelangen, wenn die Ostsee noch nicht existierte und von Schweden aus ein allmählicher Abfall des Landes nach Süden stattfand. Natürlich stellt sich sofort die Frage ein, wie dann das Ostseebecken entstanden ist; die einen glauben, daß in einem späten Abschnitte der Diluvialzeit eine Senkung stattgefunden habe, wir hätten es also dann mit einem jungen Einbruche zu thun, wie wir deren mehrere, namentlich im Mittelmeergebiete, in Ostasien und Westindien, kennen gelernt haben. Jedoch ist die außerordentlich seichte und flache Beschaffenheit des Beckens damit schwer in Einklang zu bringen, und auch der vollständige Mangel an vulkanischen Erscheinungen wäre in diesem Falle störend. Von andrer Seite hat man angenommen, daß das Ostseebecken wenigstens teilweise erst durch das Binneneis ausgeschaufelt worden sei, eine Ansicht, die namentlich von dem norwegischen Geologen Helland vertreten wird. Es ist das allerdings eine etwas extreme Ausbildung der Ramsayschen Seenbildungstheorie, allein so ungeheuerlich diese Idee auch scheinen mag, so geben ihr doch die gewaltigen Massen der über Norddeutschland und die Sarmatische Ebene verbreiteten Glazialablagerungen, welche großenteils von der Denudation Skandinaviens und der baltischen Gebiete herrühren, einen sehr positiven Hintergrund. Daneben ist aber noch eine dritte Möglichkeit für die Erklärung der nordischen Materialien in den untern Diluvialsanden vorhanden; wir müßten nämlich annehmen, daß vor Ablagerung derselben schon eine frühere Vereisung des norddeutschen Gebietes stattgefunden habe, wie das von Penck behauptet wird.

Über den untern geschichteten Diluvialsanden folgt der untere oder blaue Geschiebelehm, der in seiner ganzen Ausbildungsweise mit den bekannten Ablagerungen der Grundmoränen übereinstimmt. Seiner Hauptmasse nach ist er ungeschichtet, stellenweise allerdings enthält er geschichtete Partien, die mit Bestimmtheit auf die Zirkulation von Wasser auf dem Gletscherboden zurückgeführt werden können. An manchen Punkten beobachtet man auch wiederholte Wechsellagerung von Geschiebelehm mit geschichteten Sanden, eine Erscheinung, die lokalem Vordringen und Zurückweichen des Eisrandes zugeschrieben werden muß. Besonders in Sachsen ist diesem untern Geschiebelehme, wie es scheint, ziemlich regelmäßig eine bedeutende Masse von geschichtetem Sande eingeschaltet, welche auf eine sehr erhebliche Schwankung des Eises in diesem nach Süden vorgeschobenen Gebiete deutet.

Gerade die untere Abteilung des Geschiebelehmes enthält an vielen Punkten Schalen von Süßwassermollusken und namentlich diejenigen der oben erwähnten Paludina diluviana, und man hat dieses Vorkommen als einen wichtigen Beleg für die Drift- und gegen die Gletschertheorie angeführt. Allein ganz abgesehen davon, daß man von diesem Standpunkte die Anwesenheit von Meeres-, nicht von Süßwasserkonchylien erwarten sollte, zeigt eine nähere Untersuchung, daß die Art und Weise des Auftretens dieser Schalen durchaus nicht gegen die Moränennatur des Geschiebelehmes spricht. Paludina diluviana kommt in den tiefer liegenden geschichteten Thonen und Sanden vor, welche an vielen Stellen von dem Eise in großartiger Weise denudiert sind, und von denen man oft genug ganze Schollen in den Lehm als Geschiebe eingeknetet findet. In dieser Weise ist auch Paludina diluviana in diesen hineingeraten, auch ihre Schalen sind hier einer ältern Formation entnommene Geschiebe, eine Ansicht, deren Richtigkeit dadurch bewiesen wird, daß man in günstigen Fällen im Innern der Schneckengehäuse noch das Material des geschichteten Thones, nicht den Geschiebelehm als Ausfüllungsmasse findet.

Auf den untern oder blauen Geschiebelehm folgen bedeutende Massen geschichteter interglazialer Sande und dann der obere oder gelbe Geschiebelehm, der jedoch

an Mächtigkeit wie an Verbreitung hinter dem blauen zurückbleibt und namentlich nicht so weit nach Süden reicht. Nach Sachsen z. B. hat sich diese zweite Vereisung nicht erstreckt, hier fehlen die Spuren derselben vollständig. Die interglazialen Sande sind von so allgemeiner Verbreitung, daß man mit Sicherheit auf einen allgemeinen Rückzug des Eises aus Norddeutschland schließen kann, ja selbst ein Teil von Skandinavien tauchte damals aus der kalten Hülle hervor, wie das oben erwähnte Vorkommen der interglazialen Sande im südlichen Schweden beweist. Wir haben also hier eine große Periode des Rückganges der Gletscher, genau so, wie wir sie in den Alpen kennen gelernt haben, und auch die Organismenreste, welche in Norddeutschland in dieser Periode auftreten, führen zu denselben Schlüssen wie diejenigen der Schieferkohlen am Alpenrande.

Pflanzenreste aus den norddeutschen Interglazialbildungen sind namentlich von Lauenburg an der Elbe durch Keilhack beschrieben worden; hier findet sich den interglazialen Ablagerungen eine Torfschicht eingeschaltet, welche eine beträchtliche Anzahl von Pflanzen, Föhre, Fichte, Lärche, Eiche, Hainbuche, Linde, Ahorn, gelbe Schwertlilie, Schilfrohr und mehrere andre Formen, geliefert hat. Im ganzen sind es dieselben Gewächse, die noch heute in Norddeutschland allgemein verbreitet sind, und es ist kaum möglich, daraus auf irgend eine Abweichung des Klimas von dem heutigen zu schließen.

Noch größeres Interesse bietet die Tierwelt der interglazialen Ablagerungen, deren Reste namentlich in den Sanden von Rixdorf bei Berlin in großer Zahl gefunden worden sind. Vor allem tritt hier in bedeutender Zahl das Mammut (Elephas primigenius) auf, eine in den diluvialen Ablagerungen des nördlichen und mittlern Teiles der Alten Welt sehr verbreitete Elefantenart, deren Körper mit dichter Haarbekleidung ausgestattet war; aber neben diesem nordischen Typus findet sich noch, allerdings nur sehr selten, eine zweite, dem lebenden afrikanischen Elefanten nahe verwandte, aber bedeutend größere Form (Elephas antiquus), deren Hauptverbreitungsbezirk das südliche Europa zur präglazialen Zeit ist; ferner zwei Arten von Nashorn, von denen das eine häufige, mit Haaren bekleidete gleich dem Mammute der nordischen Region angehört (Rhinoceros tichorhinus oder antiquitatis), während das andre hier sehr seltene (Rhinoceros leptorhinus) sonst vorwiegend in geologisch ältern Ablagerungen südlicherer Bezirke Europas vorzukommen pflegt. Dazu gesellen sich zwei Rassen von Wildpferden, mehrere Arten von Hirschen, unter denen der Riesenhirsch (Cervus euryceros, Megaceros hibernicus) mit seinem gewaltigen Schaufelgeweihe besonders hervortritt, ein Renntier, das, wie Dames gezeigt hat, nicht mit der heute in Europa lebenden Art (Rangifer tarandus), sondern mit dem in Grönland und in den „Barren grounds“ von Nordamerika lebenden Karibu (Rangifer groenlandicus) übereinstimmt. Auch eine zweite Art der interglazialen Wiederkäuer zeigt ähnliche geographische Beziehungen, es ist das ein Moschusochs (Ovibos fossilis), welcher dem jetzt in Grönland und im polaren Nordamerika lebenden Ovibos moschatus sehr nahe steht. Von andern Tieren sind zwei Typen von Rindern zu nennen, der Wildstier oder Ur (Bos primigenius) und der dem osteuropäischen Wisent oder sogenannten Auerochsen nahe verwandte Bison priscus. Von Raubtieren sind Reste von Wolf, Bär und vermutlich von Polarfuchs zu nennen.

In erster Linie sehen wir also, daß reiches Säugetierleben in den vom Eise verlassenen Gebieten herrschte, und die große Zahl der gefundenen Reste beweist, daß man es nicht etwa mit einzelnen verirrten Exemplaren zu thun hat, welche über die auf kurze Zeit vom Eise verlassene Fläche streiften, sondern daß während längerer Perioden hier eine bedeutende Säugetierfauna heimisch war. Wir können sogar mit voller Sicherheit sagen, daß die Zahl der Arten eine viel größere war, als man aus dem in den Sammlungen liegenden Materiale unmittelbar kennt. Es sind nämlich mit Ausnahme des Fuchses nur große

Formen gefunden worden; von diesem einen abgesehen, fehlen die Reste mittelgroßer und kleiner Tiere, die aber jedenfalls in großer Zahl existiert haben. Deren Knochen und Zähne sind jedoch nicht überliefert, vermutlich, weil in den von reißenden Wassern abgelagerten Sanden die Verhältnisse für die Erhaltung zarterer Gegenstände wenig günstig waren.

Sehr eigentümlich sind die Schlüsse, welche sich für die klimatischen Verhältnisse aus den Säugetieren der interglazialen Bildungen ergeben. Das Vorkommen des grönländischen Renntieres, des Moschusochsen und des Polarfuchses weisen mit Entschiedenheit auf ein rauhes Klima, ein Ergebnis, das mit den aus den Pflanzen des Diluvialtorfes von Lauenburg abgeleiteten Folgerungen nicht übereinstimmt, und zu dem auch das Auftreten von Elephas antiquus und Rhinoceros leptorhinus wenig paßt. Vermutlich werden sich diese scheinbaren Widersprüche dadurch erklären lassen, daß die Temperatur während der interglazialen Zeit keine gleichmäßige war; um die Mitte dieser Periode dürfte das Klima sich von dem jetzigen nicht sehr wesentlich unterschieden haben, und diesem Abschnitte wird der Torf von Lauenburg angehören. Beim Herannahen der zweiten Vereisung aber trat eine Abkühlung ein, und da die Säugetiere führenden Sande wohl mit Recht als das Produkt der Schmelzwasser des vorrückenden zweiten Inlandeises angesehen werden, so läßt sich das Vorkommen nordischer Formen hier sehr wohl verstehen. Daß daneben auch Elephas antiquus und Rhinoceros leptorhinus sich als Seltenheit finden, kann nun nicht überraschen, sie werden als letzte Nachzügler dieser bei abnehmender Temperatur zurückgehenden Arten gelten, oder sie sind in die Rixdorfer Sande aus ältern, nun zerstörten Interglazialbildungen eingeschwemmt.

Außer diesen Binnenablagerungen haben sich auch an mehreren Punkten marine Schichten desselben Alters gefunden; von zahlreichen Punkten in Ost- und Westpreußen und von da gegen Westen bis nach Holstein, Schleswig und Dänemark haben sich die Reste einer alten Nordseefauna gefunden, welcher die arktischen Formen, wie sie in den präglazialen Thonen vorkommen, fremd sind, und wir dürfen daraus schließen, daß die frühere Verbindung der Ostsee mit dem Nördlichen Eismeere nicht mehr existierte. Dagegen muß eine viel freiere, weit offene Verbindung mit der Nordsee vorhanden gewesen sein, da die baltischen Interglazialmollusken keineswegs Formen eines schwach gesalzenen Mittelmeeres sind; aller Wahrscheinlichkeit nach lag damals der größte Teil von Jütland, Schleswig und Holstein unter Meer, und auf diese Weise war eine freie Zirkulation des Wassers möglich.

Über diesen interglazialen Gebilden folgt der obere oder gelbe Geschiebelehm, welcher weniger mächtig ist und nicht so weit nach Süden reicht wie der untere Lehm, im übrigen aber wesentlich dieselben Erscheinungen zeigt; den Abschluß der ganzen glazialen Bildungen stellt dann der sogenannte Decksand dar, welcher von den Schmelzwassern des zurückgehenden Eises abgelagert wurde.

Wichtige Änderungen gingen in jener Zeit in der Gestaltung der norddeutschen Ebene und ihrer Fauna vor sich, die wir später kennen lernen werden; vorher aber ist es nötig, noch etwas näher auf die Wirkung der Eismassen einzugehen, die von ihnen verfrachteten Geschiebe etwas näher zu betrachten und uns mit der Frage über die Bildung der diluvialen Ablagerungen Norddeutschlands zu befassen. Wir sind in der bisherigen Darstellung der Annahme von Inlandeis gefolgt, es ist aber notwendig, die Beweise für deren Richtigkeit beizubringen. Daß das Vorhandensein von Schichtung im norddeutschen Diluvium nicht als Grund gegen die Landeistheorie vorgebracht werden kann, geht wohl aus der bisherigen Darstellung genügend hervor, der Geschiebelehm selbst ist der Hauptsache nach ungeschichtet, und nur in den durch Schmelzwasser abgelagerten Thonen und Sanden tritt ausgezeichnete Abteilung in einzelne Bänke hervor. Ebensowenig kann das Vorkommen von Schneckengehäusen im Geschiebelehme als ein Beleg gegen die Entstehung desselben

aus der Grundmoräne gelten, da, wie wir gesehen haben, diese Schalen aus den tiefern Schichten in den Lehm geraten sind. Ganz entschieden spricht gegen die Annahme einer Bildung aus einem Meere mit schwimmenden Eisbergen der Umstand, daß, abgesehen von einigen präglazialen und interglazialen Gebilden in der Nähe der Küste, nur Reste von Land- und Süßwasserorganismen in den diluvialen Ablagerungen Norddeutschlands auftreten. Wäre die Drifttheorie richtig, so müßte man in den Lehmablagerungen die Spuren von Meerestieren finden, und ebenso müßten dieselben Schichtung zeigen.

Neben diesen nächstliegenden Anhaltspunkten finden wir aber noch andre von größter Bedeutung, wenn wir die Ablagerungen etwas näher ins Auge fassen. Schon mehrfach wurde das Vorkommen fremder Geschiebe besprochen, welche aus Skandinavien und aus den russischen Ostseeprovinzen stammen. Allein nicht die Gesamtheit der Steine ist dieses Ursprunges, sondern neben ihnen finden sich andre, deren Heimat nicht so weit entfernt ist, welche aus dem Untergrunde der norddeutschen Ebene stammen und nur einen ganz kurzen Weg zurückgelegt haben. Wo Kuppen von älterm Gesteine aus den jungen Gebilden herausragen, da sind sie häufig poliert und geschrammt, wie das zuerst an der Oberfläche des Muschelkalkes von Rüdersdorf bei Berlin durch G. Rose und Torell, dann an den Porphyrkuppen der Umgebung von Leipzig durch Credner nachgewiesen wurde. Später wurde dieselbe Erscheinung noch an mehreren andern Punkten bemerkt; dabei kann man an den Kuppen der ältern Gesteine bisweilen sehen, daß sie nur auf derjenigen Seite abgerundet, geschliffen und gekritzt sind, von welcher das Eis kam, auf der „Stoßseite", während die „Leeseite" keine auffallenden Spuren von Eisbearbeitung zeigt. Dagegen findet in dieser letztern Richtung eine eigentümliche Veränderung des Geschiebelehmes statt, indem dieser nun massenhafte Fragmente der benachbarten Gesteinskuppe aufnimmt; das Eis hat bei seinem Vorrücken das verwittert herumliegende Material mitgenommen und seiner Grundmoräne einverleibt und wohl auch die obersten, schon angewitterten Lagen des anstehenden Gesteines aufgebrochen. Es bildet sich auf diese Weise die sogenannte lokale Grundmoräne, welche von dem anstehenden Vorkommen ab sich in der Richtung des Eisschubes fortsetzt; die Kuppen ältern Gesteines haben einen Schweif, „sie werfen einen Schatten", eine Erscheinung, die auch anderwärts, namentlich in England, mehrfach beobachtet worden ist, die aber gerade hier von großer Wichtigkeit ist als entscheidender Beweis gegen die Drifttheorie. Für diese ist schon das Vorhandensein geschrammter und polierter Felsoberflächen eine große Schwierigkeit, und die Annahme, daß man es darin mit der Wirkung steinbeladener Eisberge zu thun habe, die beim Stranden an der Küste den Untergrund in dieser Weise bearbeiteten, läßt sich bei der meist herrschenden Beständigkeit der Schrammungsrichtung nicht festhalten; vollständig unvereinbar aber ist mit der Drifttheorie das Auftreten aus unmittelbarer Nähe stammender Steine im Geschiebelehme. Sind die Findlinge wirklich durch Eisberge hergebracht, so müssen sie alle von den damals vergletscherten Küsten des angenommenen Diluvialmeeres stammen, aus Schweden, Norwegen, Finnland, Esthland ꝛc.; es ist absolut unverständlich, wie in ein auf diese Weise entstandenes Sediment in Holstein holsteinische, in Mecklenburg mecklenburgische, in der Mark Brandenburg brandenburgische, in Sachsen sächsische Gesteine geraten sein sollen; denn aus dem Meeresgrunde können keine Gesteinsfragmente in den Lehm gelangen. Die Verhältnisse der lokalen Geschiebe zwingen uns also zu der Auffassung, daß wir es mit einer Moräne zu thun haben, und daß eine zusammenhängende Eisdecke über das ganze Gebiet ausgebreitet war.

Während sehr feste Gesteine von dem fortschreitenden Eise in der eben geschilderten Weise bearbeitet werden, finden wir eine andre, weit gewaltigere Einwirkung auf den Untergrund, wo derselbe weich und wenig widerstandskräftig ist. Namentlich die ältern Diluvialschichten wurden in großem Maße zerstört und ganze Schollen der ältern Thone und

Sande in den Geschiebelehm aufgenommen, oder die Schichten wurden in großem Maße gequetscht, gezerrt, gestaucht und in die so entstandenen Falten Moränenmaterial hineingepreßt. Besonders großartig scheinen die Einwirkungen da, wo die im Ostseebecken vielfach verbreiteten Ablagerungen der weißen Kreide von dem Eise angegriffen wurden, wie auf Rügen, bei Stettin und an verschiedenen andern Punkten Norddeutschlands und der dänischen Inseln; Schollen von ungeheuerm Umfange sollen hier losgerissen und in dem Geschiebelehme fortgewälzt sein, während an andern Punkten sehr starke Störungen und Auftürmungen auf diesem Wege hervorgebracht scheinen. So fand Remelé in der Geschiebeformation von Stettin eine Kreidescholle von fast 2 km Länge und einer Dicke von 25 m, und noch an andern Punkten treten ähnliche Vorkommnisse auf. Den großartigsten Maßstab aber sollen derartige Erscheinungen auf Rügen und auf der Rügen nordwestlich gegenüberliegenden dänischen Insel Möen erreichen; hier ragen aus dem Meere riesige Steilwände zerrissener Kreidefelsen empor, deren Gestein sehr stark gestört ist; diese Störungen sind aber von sehr lokalem Charakter, und in nächster Nähe der gebogenen und aufgerichteten Partien sind die Schichten genau desselben Alters in ganz normaler, wagerechter Lagerung vorhanden. Häufig kann man auch beobachten, daß die Kreidemassen aus einer Übereinanderhäufung riesiger Schollen gebildet sind, und an zahlreichen Punkten sieht man die Kreide auf diluvialen Sanden, Thonen und Geschiebelehme aufruhen, oder der letztere erscheint zwischen die Schollen der Kreide hineingeknetet. Jede Vermutung, daß es sich etwa um eine ältere Thonbildung handeln könnte, wird durch die vollständige Übereinstimmung dieses zwischen die Kreideschollen geratenen Geschiebelehmes mit dem gewöhnlichen sowie durch dessen massenhaften Gehalt an Feuersteingeschieben aus der Kreide widerlegt. Es bleibt also kaum eine Wahl übrig, als anzunehmen, daß entweder nach der Eiszeit hier Gebirgsbildung stattgefunden habe, oder daß das vorschreitende Inlandeis die Kreideschichten gestört und durcheinander geschoben habe. Der erstern Vermutung widerspricht der ganz begrenzt lokale Charakter der Erscheinung, und auch der Umstand, daß größere Störungen so jugendlichen Alters zu den seltensten Ereignissen gehören, endlich der Mangel an Eruptions- oder Erdbebenerscheinungen, welche sonst stets junge Dislokationen zu begleiten pflegen. Es bliebe also nach den vorhandenen Schilderungen, so seltsam und befremdend es auch aussehen mag, kaum etwas andres übrig, als die Überschiebung der Kreideschollen auf Rügen und Möen dem Drucke des Eises zuzuschreiben, zumal die Richtung beider ganz übereinstimmt. Welch ungeheure Massen von Schreibkreide hier im baltischen Gebiete zerstört worden sein müssen, geht aus der Häufigkeit hervor, in welcher die charakteristischen Feuersteinknollen der Kreide als Geschiebe in den Glazialablagerungen von ganz Norddeutschland auftreten.

Auch verwandte Erscheinungen an den tertiären Braunkohlenablagerungen der norddeutschen Ebene werden auf den Druck des Eises zurückgeführt. Die Braunkohlenschichten sind ebenfalls oft in ihrer Lagerung stark gestört, und zwar ist dies in der Regel nur oder wenigstens ganz vorwiegend bei den obersten, oberflächlich liegenden Bänken der Fall, während tiefer ganz regelmäßiger Bau herrscht. Man kann also auch hier kaum eine Thätigkeit der gebirgsbildenden Kräfte zur Erklärung herbeiziehen, und es wird daher angenommen, daß das Eis diese Wirkung hervorgebracht habe, während natürlich schwimmende Eisberge einen derartigen gewaltigen Einfluß auf den Untergrund bei ihrem Stranden niemals ausüben könnten.

Von größter Bedeutung für das richtige Verständnis der glazialen Ablagerungen ist die Untersuchung der Geschiebe, welche überall vorkommen. Nachdem die nordische Herkunft eines großen Teiles derselben schon früh erkannt worden war, wurde das nähere wissenschaftliche Studium dieser merkwürdigen Fremdlinge namentlich durch F. Römer begründet, und eine große Zahl deutscher und skandinavischer Forscher haben seither diesem

interessanten Gegenstande ihre Bemühungen gewidmet und eine Menge wichtiger Thatsachen festgestellt, welche uns einen tiefen Einblick in die Vorgänge jener Zeit gewähren. So einfach es war, im allgemeinen das Vorhandensein nordischen Materiales überhaupt nachzuweisen, so schwierig und mühevoll ist die Aufgabe, für all die zahllosen Varietäten massiger und geschichteter Gesteine die Herkunft genau festzustellen, wie es nötig ist, um die Bewegungserscheinungen des Eises richtig beurteilen zu können.

In erster Linie ist von größter Bedeutung die Unterscheidung zwischen dem einheimischen und dem aus weiter Ferne herbeigeschafften Geschiebe. Die Bruchstücke von Muschelkalk, gewisse Jurageſteine, die Kreidetrümmer und namentlich deren massenhafte Feuersteine, die Quarzite der Braunkohlenformation, die als Septarien bezeichneten Knollen der oligocänen Thone, der Bernstein und die bernsteinführenden Sande, die als „Sternberger Kuchen" bezeichneten fossilreichen Tertiärgesteine, die Porphyre und zahlreiche andre Vorkommnisse stammen aus Deutschland selbst, sie sind hier von dem Eise in die Grundmoräne aufgenommen und weiter verfrachtet worden. Dagegen haben wir in den roten skandinavischen Graniten, in der als Rappakiwi bezeichneten Granitvarietät Finnlands und einer Menge andrer, vor allen aber in den fossilführenden Gesteinen der kambrischen und silurischen Formation, Ankömmlinge aus großer Ferne. Sehr wichtig sind gewisse kristallinische Gesteine, welche im Norden nur an ganz bestimmten, eng begrenzten Lokalitäten vorkommen, wie die sogenannten Rhombenporphyre der Umgebung von Christiania, die charakteristischen Basaltvarietäten aus Schonen rc. Die größte Bedeutung aber haben die kambrischen und silurischen Gesteine, da hier nicht nur der Gesteinscharakter, sondern auch die Versteinerungen leiten und man auf diesem Wege mit besonderer Sicherheit die Herkunft und Heimat der Findlinge bestimmen kann.

Allerdings ist bei derartigen Folgerungen große Vorsicht nötig; die Geschiebe werden vom Wasser aus dem Lehme ausgewaschen und verschwemmt, und man muß daher stets beachten, unter welchen Verhältnissen ein Stück gefunden ist, ob es unmittelbar der Grundmoräne entnommen ist oder aus einer geschichteten Ablagerung stammt, in welch letzterm Falle der Wert einer Bestimmung ein sehr viel geringerer ist. Ganz besondere Schwierigkeiten bereitet aber der Umstand, daß bei der zweiten Vereisung vielfach die ältere Grundmoräne denudiert wurde und somit Geschiebe aus dem untern in den obern Geschiebelehm gelangten, so daß es oft kaum möglich ist, zu entscheiden, was in die jüngere Grundmoräne auf diese Weise und was durch Transport von der ursprünglichen Lagerstätte gelangt ist. Ein andrer Punkt, in welchem man sich vor irriger Auffassung bewahren muß, betrifft die Heimat selbst. Wir finden ein Stück silurischen Korallenkalkes genau von der Beschaffenheit, wie er heute auf der Insel Gotland sich findet, andre erratische Vorkommnisse stimmen mit solchen aus dem südlichen Schweden, von Öland, von den Alandsinseln, aus Finnland, von Ösel, aus Esthland rc., und man hat sich daran gewöhnt, kurzweg zu sagen, das Geschiebe stammt von dem und dem Punkte. Das ist jedoch nicht streng richtig; betrachten wir z. B. die Insel Öland, so finden wir, daß sie einen kleinen Erosionsrest horizontal gelagerter kambrischer und silurischer Schichten darstellt, die offenbar früher viel weiter verbreitet waren, aber zum größten Teile durch Denudation zerstört worden sind, und es ist sogar wahrscheinlich, daß ein ansehnlicher Teil des zerstörten Materiales in der Grundmoräne fortgeschafft worden ist. Wir dürfen also nicht vergessen, daß alle unsre Heimatsangaben nicht genau, sondern nur sehr ungefähr richtig sind.

Mit diesen Einschränkungen ist es nach rastloser Arbeit in der That möglich geworden, die Ursprungsgegend weitaus der meisten Geschiebe festzustellen; für einige ist das allerdings noch nicht gelungen, man darf wohl hoffen, daß man für manche derselben noch nähere Nachweise werde liefern können. Für andre aber ist es als ziemlich sicher ausgemacht zu betrachten,

daß dies nicht der Fall sein wird, indem die Ablagerungen, von welchen sie stammen, in der Zwischenzeit vollständig zerstört und abgetragen wurden. Die Geschiebe stellen gewiß in einer Reihe von Fällen die einzigen noch erhaltenen Überreste von Schichten dar, welche jetzt verschwunden sind und welche da anstanden, wo sich heute die Wasser der Ostsee ausbreiten.

Die Untersuchungen einer großen Anzahl von Forschern, namentlich von Beyrich, Dames, Gottsche, Kunth, Nöthling, Remelé, Römer und andern, haben die großen Schwierigkeiten überwunden, welche einer glücklichen Lösung dieser Probleme entgegenstehen, und es ist gelungen, aus der Verteilung der einzelnen erratischen Gesteine die Bewegungsrichtung des Eises wenigstens in den Hauptzügen festzustellen. Es ergab sich dabei die merkwürdige und überraschende Thatsache, daß in dieser Beziehung ein großer und tiefgreifender Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Vereisung vorhanden ist. Eine Prüfung der einzelnen Steine des untern Geschiebelehmes zeigt, daß sie der Hauptsache nach aus Gegenden stammen, welche nördlich bis nordöstlich von ihrem jetzigen Fundorte liegen. So herrschen in Ostpreußen, Posen und Schlesien Gesteine aus den russischen Ostseeprovinzen und namentlich aus Esthland vor, in Ost- und Westpreußen treten die finnischen Rappakiwi-Granite und die Granite der Alandsinseln auf, in Mecklenburg, Pommern und in der Mark Brandenburg liefert Schweden ein Hauptkontingent, und daneben finden sich in Menge Geschiebe, welche aller Wahrscheinlichkeit nach aus vollständig zerstörten Ablagerungen der heutigen Ostsee östlich von Schweden stammen. Im Königreich Sachsen, bei Magdeburg, in Schleswig-Holstein und Oldenburg herrscht schwedisches Material vor, doch treten daneben auf der Cimbrischen Halbinsel auch schon die norwegischen Granite, Rhombenporphyre, Zirkonsyenite und Gneiße auf und erstrecken sich von da nach Holland. Dabei ist es nach Dames Regel, daß diejenigen Gesteine, welche in ihrer Heimat große Verbreitung besitzen, auch als Geschiebe über weite Flächen ausgestreut vorkommen und umgekehrt. Im ganzen läßt sich die Hauptrichtung des Schubes aus Norden bis Nordosten und eine fächerförmige Ausbreitung über die norddeutsche Ebene deutlich verfolgen, und auch Schrammen in diesem Sinne sind auf den Felsoberflächen vielfach beobachtet worden.

Ganz anders verhält es sich mit der zweiten Vereisung; nicht nur war sie nicht so ausgedehnt und ihr Eis weniger mächtig, sondern auch die Richtung der Bewegung ist eine ganz andre geworden; dieselbe ging hauptsächlich von Osten nach Westen, von den russischen Ostseeprovinzen schob sich die gefrorne Masse durch das Bett der Ostsee und über die norddeutsche Ebene, und Geschiebe aus Esthland und benachbarten Gebieten finden sich nun nicht nur über die ganze norddeutsche Ebene bis nach Holland, sondern nach De Geer treten sie selbst im südlichen Schweden auf. Wohl bildete Skandinavien auch in dieser Zeit einen selbständigen Herd der Vereisung, aber die Stärke der letztern war verhältnismäßig weit geringer.

Es ist außerordentlich schwer, sich eine Vorstellung von dem Grunde dieser bedeutenden Verschiedenheit zwischen dem ersten und zweiten Einbruche des Eises zu machen, wir müssen die sicher festgestellte Thatsache hinnehmen, auch wenn wir sie nicht erklären können. Jedenfalls wird durch diesen Nachweis einer der letzten Einwürfe gegen die Annahme diluvialen Inlandeises hinfällig, jener Einwurf, welcher auf die Kreuzung der Richtung des Geschiebetransportes gegründet wurde; dieser Widerspruch löst sich nun sehr einfach dadurch, daß die verschiedenen Direktionen verschiedenen aufeinander folgenden Abschnitten der Eiszeit angehören.

Diese Abweichungen in der Eisbewegung der zwei Perioden, wie sie aus dem Studium der Geschiebe abgeleitet wird, finden übrigens auch ihre Bestätigung in den Schrammen auf den Felsoberflächen Norddeutschlands. Denn wie die erste Vergletscherung ihre nordöstlichen und nördlichen, so hat die zweite an mehreren Punkten ostwestliche Kritzen hinterlassen. Dabei tritt jedoch eine höchst auffallende Erscheinung zu Tage, daß nämlich an einzelnen Punkten, namentlich auf dem Muschelkalke von Rüdersdorf bei Berlin

und auf dem rätischen Sandsteine von Velpke, auf einer und derselben Felsoberfläche die beiden Schrammensysteme gleichzeitig vorhanden sind und sich gegenseitig kreuzen, wobei aus der Art, wie sich die einzelnen Linien schneiden, deutlich gefolgert werden kann, daß die nach Westen gerichteten Schrammen jünger sind als diejenigen, welche nach Süden und Südwesten weisen. Von vielen Geologen wird angenommen, daß sich hier in der That Kritzen der ersten und zweiten Vereisung kreuzen, während andre der Ansicht sind, daß es sich hier nur um örtliche Unregelmäßigkeiten der Eisbewegung innerhalb einer und derselben Vergletscherung handle. Die Frage bedarf wohl noch weiterer Untersuchung, denn wäre die erste Auffassung richtig, so wäre hier ein kaum lösbarer Widerspruch mit den sonst beobachteten Thatsachen gegeben. Auf der einen Seite gilt die Kraft der vorrückenden Eismassen als genügend, um die Kreideschollen von Rügen und Möen übereinander zu türmen, bedeutende Störungen in der Lagerung des Braunkohlengebirges hervorzubringen und die gewaltigsten Erosionswirkungen auszuüben, auf der andern Seite soll über eine entblößte Felsoberfläche Jahrtausende hindurch sich die ungeheure Mächtigkeit des Landeises samt seiner Grundmoräne fortgeschoben haben, ohne auch nur im stande zu sein, die nicht 1 mm tiefen Schrammen zu verwischen.

Wie dem auch sei, jedenfalls sehen wir, daß alle Beobachtungen für eine thatsächliche Vereisung der norddeutschen Ebene, für eine vollständige Bedeckung durch eine zusammenhängende Eisdecke sprechen, und dasselbe muß natürlich auch für die weitere Fortsetzung des Gebietes in Polen und Rußland gelten. Wenn dies der Fall war, so mußte aber auch während dieser Zeit das ganze Becken der Ostsee, soweit es überhaupt vorhanden war, ganz mit Eis erfüllt und das Wasser aus demselben verdrängt worden sein. In der That kann das auch gar nicht anders der Fall sein. Die Ostsee ist verhältnismäßig sehr seicht und die Wassermasse nicht genügend, um die überaus dicke Eismasse zu tragen, welche aller Wahrscheinlichkeit nach hier eine Mächtigkeit von etwa 1000 m besaß, also sehr viel größer als die Tiefe der Ostsee. Ist aber dies richtig, dann muß dasselbe auch von der in ihren meisten Partien außerordentlich seichten Nordsee gelten, dann muß das skandinavische Eis, das von dem Hochlande nach allen Richtungen abfloß, sich auch hierher erstreckt haben. In der That enthält auch an der englischen Ostküste in Holderneß, in Lincoln und Norfolk der dortige Geschiebelehm die typischen Rhombenporphyre, die Zirkonsyenite, Granite und Gneiße Norwegens, zusammen mit Feuersteinen, welche wahrscheinlich aus der dänischen Kreide stammen. Tiefer ins Innere der britischen Inseln drang das norwegische Eis nicht vor, da sämtliche Gebirge hier selbständige Gletscherzentren bildeten, welche ganz Schottland, England und Irland, mit Ausnahme des Südrandes, vereisten; das britische und das skandinavische Eis flossen zusammen, das letztere drang nicht weit in dieser Richtung vor, jedenfalls aber bildeten die britischen Inseln einen Teil der zusammenhängenden nordeuropäischen Eismasse.

Die glazialen Ablagerungen Großbritanniens sind außerordentlich eingehend und genau untersucht worden, und die Zahl der Forscher, welche sich mit den britischen Diluvialbildungen beschäftigt haben, ist eine überaus große; wir heben nur Lyell, Ramsay, die Brüder Geikie aus der Menge hervor. Im allgemeinen zeigen uns deren Studien eine Entwickelung, welche mit derjenigen auf dem Festlande gut übereinstimmt; aber wir finden doch mannigfache Eigentümlichkeiten, welche teilweise von sehr großem Interesse sind. Das gilt vor allem von den präglazialen Ablagerungen Englands, welche eine weit reichere Ausbeute an Fossilresten geliefert haben als irgend ein Vorkommen auf dem europäischen Festlande, dessen präglaziales Alter mit Sicherheit festgestellt werden kann.

Weitaus die wichtigste Ablagerung dieser Art bildet das sogenannte Forestbed (Waldschicht) von Cromer an der Küste von Norfolk, eine Schichtgruppe, welche ihren Namen

von zahlreichen in einer Bank vorkommenden Baumstrünken erhalten hat. Man nahm an, daß diese hier an Ort und Stelle gewachsen seien, daß also eine Art fossilen Waldbodens vorliege; allein nach neuern Untersuchungen scheint dies nicht richtig, sondern die Baumreste sollen vom Wasser zusammengeschwemmt sein. Das etwas brackische Forestbed liegt auf dem dem obersten Pliocän angehörigen Crag von Norwich (s. S. 538) und wird von normalen Glazialablagerungen bedeckt.

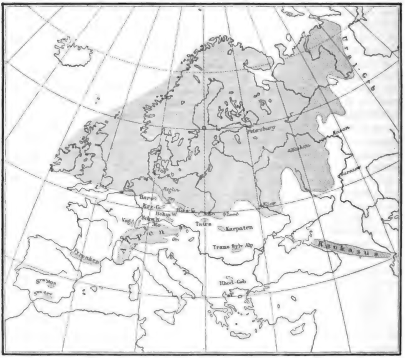
Die Flora ist keine sehr große, die hervorragendsten Typen sind Eiche, Erle, Tanne, Fichte, Föhre, Eibenbaum, Haselnuß, Fieberklee, weiße und gelbe Seerose und einige andre. Sehr viel reicher ist die Fauna an Säugetieren, deren nicht weniger als einige 50 Arten aufgezählt werden[1]. Von großen Pflanzenfressern finden sich zunächst drei Arten von Elefanten, alle größer als die jetzt lebenden Arten; es sind das der riesenhafte Elephas meridionalis, welcher im obersten Pliocän und im untersten Diluvium auftritt, ferner der mindestens ebenso große Elephas antiquus, welcher häufig die vorige Art begleitet, aber sich bis in die interglaziale Zeit erhält, endlich das schon öfters erwähnte Mammut (Elephas primigenius). Dazu gesellen sich zwei Arten von Rhinozeros, unter denen sich aber keine der für die nordischen Regionen und für die Eiszeit bezeichnenden Formen befindet, und ein Hippopotamus, welches in Europa im obersten Pliocän und im untern Diluvium vorzukommen pflegt. Weiter sind Reste von Pferden, vom Wildschweine und einer sehr großen Zahl von Wiederkäuern vorhanden; von letztern wird der Urstier (Bos primigenius) erwähnt, der hochnordische Moschusochs, dessen Vorkommen aber noch zweifelhaft ist, vor allen eine ganz ungeheure Zahl von hirschartigen Tieren, deren E. T. Newton 14 verschiedene Arten erwähnt, unter welchen Reh, Edelhirsch und irischer Riesenhirsch bekanntere Formen darstellen. Die Nager sind durch den Biber, das Trogontherium, ein großes, biberartiges Tier, das Eichhorn und einige Feldmäuse vertreten. Von Raubtieren ist der Höhlenbär und vielleicht der jetzt in Amerika lebende graue Bär vorhanden, ferner die Höhlenhyäne, ein Tiger mit großen, messerartigen Eckzähnen (Machairodus), Wolf, Fuchs, Vielfraß und Edelmarder. Endlich sind noch von Insektenfressern Maulwurf, Spitzmaus und Bisamrüßler zu nennen. Auch einige Reste von Meersäugetieren haben sich gefunden, nämlich ein Walroß, Finnwal, Narwal und zwei Delphine.

Diese Säugetiergesellschaft zeigt einen eigentümlichen Charakter durch das Zusammenvorkommen von Vertretern der wärmern Pliocänzeit mit Formen, die heute noch dieselben Gegenden bewohnen, und mit vereinzelten nordischen Tieren, wie Vielfraß, Moschusochs (?) und Walroß. Einen bestimmten Schluß auf das Klima aus dieser Fauna zu ziehen, ist kaum möglich; doch darf man wohl mit Sicherheit voraussetzen, daß die Temperatur nicht niederer war als jetzt. Gegenüber der interglazialen Fauna, wie sie uns im Rixdorfer Sande und in den Schieferkohlen von Utznach, Dürnten 2c. sich darstellt, zeigt diejenige des Forestbed ein entschieden altertümlicheres Gepräge durch das Auftreten von Elephas meridionalis, Hippopotamus major und einzelnen andern Formen, welche schon im Pliocän vorkommen und sich nicht in höhere diluviale Ablagerungen fortsetzen.

Die eigentlichen Glazialablagerungen Englands weichen von denjenigen der bisher geschilderten Länder nicht wesentlich ab; der Geschiebelehm, Till oder Boulder-clay genannt, zeigt dieselben Eigenschaften wie auf dem Festlande, und ebenso wie hier erscheinen ihm interglaziale Bildungen eingelagert. Im allgemeinen zeigt sich, am ausgeprägtesten

[1] In den Angaben über die Tiere des Forestbed finden sich mannigfache Widersprüche, die vorläufig nicht gelöst werden können, so namentlich in der Bestimmung der Hirsche, Pferde, Bären und mancher andrer. Die Anwesenheit des Moschusochsen wird sehr entschieden bestritten, und auch bezüglich des Mammuts liegen einige Bedenken vor.

in Schottland, der Charakter eines sehr stark vereisten Landes in der großen Mächtigkeit des Till, in der Menge der Geschiebe, in den stellenweise außerordentlich entwickelten Rundhöckerformen, den geschliffenen und geschrammten Felsoberflächen und in der Verteilung der Seen. Wie schon erwähnt, waren die einzelnen Gebirge von England, Schottland und Irland selbständige Mittelpunkte der Vereisung; die größten Gletschermassen entstammen den schottischen Hochlanden, aber auch die Gebirge in England, Irland und Wales sandten trotz ihrer teilweise geringen Höhe Eisströme aus. Diese beschränkten sich nicht auf die drei



Karte der Verbreitung des nordeuropäischen Binneneises. (Hauptsächlich nach Penck.) Vgl. Text, S. 593.

Hauptinseln, sondern verbreiteten sich auch über die Shetland-, Orkney- und andre kleinere Inseln und das umgebende Meer, sie füllten den Kanal zwischen England und Irland aus und vereinigten sich im Osten mit den skandinavischen Eismassen. Eisfrei blieb nur der allersüdlichste Teil von England und Irland.

Besondere Beachtung verdienen noch die **Meeresablagerungen**, welche auf den britischen Inseln vielfach mit den Glazialablagerungen in Verbindung stehen und stellenweise eine sehr reiche Molluskenfauna enthalten. In England treten dieselben namentlich zwischen den beiden Hauptabteilungen des Geschiebelehmes auf, sie sind also interglazialen Alters; sie zeigen, daß das Meer damals erheblich höher stand als heute; doch ist es schwer möglich, das Niveau festzustellen, bis zu welchem dasselbe reichte. Stellenweise erheben sich Meeresmuscheln bis zu einer Höhe von etwa 400 m, sie finden sich aber hier nicht in

ursprünglicher Lagerung, sondern in dem Geschiebelehme, und sind möglicherweise durch das Eis bergauf geschafft worden; die höchsten wirklich unberührt marinen Muschelbänke treten in einer Höhe von etwa 33 m über dem jetzigen Meeresspiegel auf, doch ist es wahrscheinlich, daß die Seebedeckung höher reichte. Die Arten von Mollusken, welche hier vorkommen, sind meist solche, die noch heute in den englischen Gewässern leben, doch scheint die Gruppierung der Arten auf etwas niedrigere als die heutige Temperatur hinzuweisen.

In Schottland sind die wichtigsten marinen Ablagerungen die Yoldienthone (Clydebeds), welche im Thale des Clyde und in einigen andern Fjords auftreten; sie scheinen jünger zu sein als die interglazialen Muschelbänke Englands, liegen über dem obern Geschiebelehme, sind aber ihrerseits älter als die letzten Spuren von Vereisung. Von Fossilien erwähnt Etheridge über 200 Arten von Mollusken und außerdem eine bedeutende Anzahl Foraminiferen, Seeigel, Seesterne, Anneliden, Bryozoen und Krustaceen. Der gesamte Charakter der Fauna ist ein entschieden nordischer, neben vielen Formen, welche noch heute dieselben Meere bewohnen, finden sich zahlreiche andre, welche jetzt die Küsten von Island, Grönland und noch weiter nach Norden gerückten Ländern bevölkern. Es zeigen sich also hier die letzten Spuren kalter Temperatur des Meeres, kurze Zeit ehe den jetzigen ähnliche Wärmeverhältnisse in ihre Rechte traten.

Wir haben in den wesentlichsten Zügen Beschaffenheit und Umfang der nordeuropäischen Vereisung kennen gelernt; die Ausdehnung konnten wir allerdings mit einiger Bestimmtheit nur da angeben, wo die Grenzen auf festem Lande verlaufen, und wir konnten außerdem wahrscheinlich machen, daß auch die seichten Becken der Nordsee und Ostsee von zusammenhängendem Eise bedeckt waren. Dagegen werden die Anhaltspunkte sehr spärlich, um die Erstreckung nach Norden und Westen, gegen das Nördliche Eismeer und den Atlantischen Ozean, festzustellen; wir können nur vermuten, daß das Landeis sich über die seichten, die Küsten umgebenden Meeresteile hinschob, daß es zerfiel, wo es an tiefere Regionen gelangte. Nach alle dem wäre die von dem nordischen Landeise bedeckte Fläche über 6 Millionen Quadratkilometer groß[1], an Umfang etwa zwei Dritteln von Europa gleich, ein Gebiet, in welchem vielleicht kaum einer oder der andre Gipfel aus der Gletscherdecke hervorragte (s. Karte auf S. 592). Wenn wir uns aber von der ganzen Großartigkeit des Phänomens eine Vorstellung machen wollen, so genügt es nicht, den bedeckten Raum ins Auge zu fassen, sondern wir müssen auch die Masse des Eises zu schätzen suchen.

Einen Leitfaden für eine derartige Vermutung können nur die Verhältnisse in vollständig vereisten Ländern liefern, unter denen Grönland namentlich durch die Untersuchungen der skandinavischen Reisenden von Helland, Kornerup, Nordenskiöld, Rink und andern bekannt ist. Diese kühnen Forscher haben in das Innere der grönländischen Eiswüste einzudringen gesucht und sich überzeugt, daß das Landeis allmählich von den Rändern nach dem Innern ansteigt: etwa 10 Meilen vom Saume entfernt hatte es etwa 1300 m Höhe über dem Meere, und einzelne Berge (Nunataker) ragten unbeeist über die Fläche empor, weiter landeinwärts aber hob es sich zu mehr als 1650 m Höhe, und keine Felshöhe mehr drang aus demselben hervor.

[1] Die Ausbreitung des nordeuropäischen Eises wird von Penck folgendermaßen geschätzt:

In Schweden . .	8031	QMeilen	In Irland . .	1530	QMeilen	Im Eismeer . .	2500 QMeilen
" Norwegen . .	5751	"	" Holland . .	500	"	" Atlant. Ozean	8200 "
" Dänemark . .	694	"	" Deutschland .	5980	"	" Britischen Meer	3700 "
" Finnland . .	6784	"	" Polen . . .	2312	"	In der Nordsee .	9945 "
" Schottland .	1433	"	" Galizien . .	200	"	" " Ostsee .	7545 "
" England . .	1736	"	" Rußland . .	46521	"		115027 QMeilen.
" Wales . . .	347	"	Im Weißen Meer	1318	"		

Eine ähnliche Form muß auch das nordeuropäische Landeis gehabt haben; über den Ausgangspunkten der Vereisung, vor allem in Skandinavien, erreichte es die größte Höhe und senkte sich von da allmählich nach den Rändern. In sehr sanftem Abfalle stieg seine Oberfläche aus der russischen Tiefebene, von dem Rande der mitteldeutschen Gebirge, von der Rheinmündung ꝛc. gegen das Zentrum an, und man darf sich nicht etwa vorstellen, daß, wo das Eis tiefe Einsenkungen, wie z. B. die Ostsee, passierte, auch die Oberfläche eingesattelt war. Sowenig ein Fluß auf einer Seite in eine Mulde hinein- und auf der andern Seite wieder aus derselben bergauf herausfließen kann, ebensowenig ist das bei dem Eise der Fall; der Fluß muß die Mulde mit Wasser ausfüllen, d. h. einen See bilden, und ebenso muß auch das Eis die ganze Einsenkung ausfüllen, ehe es jenseits seinen Weg weiter fortsetzen kann.

Wo das Eis in großer Ferne von seinem Ausgangspunkte in eine weite Tiefebene auslief, z. B. in Holland, in Rußland bei Kiew und Nishnij Nowgorod, war sein Rand natürlich sehr wenig mächtig, da es hier an der Stelle aufhörte, wo die jährliche Abschmelzung mehr betrug als der Nachschub aus der nordischen Heimat. Anders verhält es sich dagegen wahrscheinlich im Norden und Westen. Hier drang das Eis vermutlich in beträchtlicher Dicke vor, bis es an tiefes Wasser kam, wo die Enden abbrachen und als gewaltige Eisberge fortschwammen; ähnlich verhielt es sich an dem Abfalle des mitteldeutschen Gebirges, an welchem skandinavische Geschiebe vielfach bis über 400 m Meereshöhe gefunden werden, es staute sich also hier ein noch mächtiger Eisstrom an dem Walle der Berge. Von hier aus also bildete das Eis eine sehr sanft ansteigende Fläche gegen die skandinavischen Berge zu; welche Höhe es in diesen erreichte, kann man nicht unmittelbar bestimmen, sichere Spuren desselben sind bis zu einer Höhe von etwa 1700 m über dem Meere nachweisbar, aber aller Wahrscheinlichkeit nach reichte das Eis bedeutend höher. Das Eis braucht so gut wie das Wasser Gefälle, um sich bewegen zu können, und eine Steigung von nur 1300 m auf die etwa 1200 km betragende Entfernung von Thüringen bis zu den skandinavischen Hochgebirgen muß entschieden als zu gering betrachtet werden, um die Bewegung des Landeises zu erklären. Wollte man selbst die schwächsten Neigungswinkel annehmen, die bei den alpinen Gletschern überhaupt vorkommen, so würde sich eine ganz ungeheure Mächtigkeit ergeben. Aber selbst wenn wir für ein sehr weit ausgebreitetes Landeis, das sich über ebene Gegenden fortbewegt, einen andern Maßstab anlegen, so müssen wir doch dessen Dicke in Skandinavien, namentlich über dem niedriger gelegenen Teile der zentralen Region, auf mehr als 2000 m anschlagen, und kaum geringer kann sie in Finnland und den russischen Ostseeprovinzen gewesen sein, da z. B. die baltischen Gletscher ihre Geschiebe bis nach Holland sandten. **Unter diesen Umständen hat man als eine geringe Durchschnittszahl für die Mächtigkeit des nordeuropäischen Landeises 1000 m angenommen, so daß also hier gegen 70 Millionen Kubikkilometer Eis angehäuft waren.** Es ist das eine ganz ungeheure Masse, die fast 1/2 Prozent der gesamten Wassermenge ausmacht, welche heute in allen Meeren der Erde vereinigt ist, und deren vollständiges Abschmelzen den Spiegel des Ozeanes um etwa 17 m steigen lassen würde. Aber selbst wenn wir die Schätzung der Mächtigkeit mit 1000 m als zu hoch gegriffen betrachten und eine geringere Ziffer annehmen, so bleibt immer noch eine ganz riesige Menge übrig, gegen welche die gleichzeitig in den Alpen angehäuften Eismassen außerordentlich geringfügig erscheinen.

Nicht minder erstaunlich als die **Menge des Eises** ist diejenige der **verfrachteten Gesteine**, über welche uns die Mächtigkeit der glazialen Ablagerungen Aufschluß gibt; wohl bestehen diese nur zu einem Teile aus Geschiebelehme, also einem unmittelbaren Gletscherabsatze, zum andern aus geschichteten Geröllen, Sanden und Thonen, welche vom Wasser abgelagert wurden, aber deren Material rührt doch, wie wir oben gesehen haben, vom Eistransporte her, sie stellen nur umgeschwemmte Produkte des letztern dar.

Die Mächtigkeit der glazialen Ablagerungen ist eine sehr wechselnde; es gibt Gegenden, in welchen sie nur 40 m beträgt, aber in der Regel ist sie größer, sie beträgt 100—200 m, und einzelne Bohrungen haben noch größere Zahlen nachgewiesen; wohl das Maximum, das bisher bekannt geworden ist, zeigte ein Bohrloch, das auf Seeland in der Nähe von Kopenhagen niedergestoßen wurde und mehr als 400 m Diluvialgebilde ergab. Rechnet man mit Helland die Mächtigkeit im Mittel zu 100 m, so erhält man immerhin 700,000 cbkm diluvialen Schuttes, der von den Gletschern transportiert wurde.

Betrachten wir nun die glazialen Ablagerungen außerhalb der eigentlichen Ausgangsregionen des Eises, so finden wir, daß zwar ein ansehnlicher Teil ihres Materiales nicht aus großer Ferne stammt; aber der Masse nach überwiegen doch, namentlich in den ausgedehntesten Gebieten, in Norddeutschland, Polen und dem größten Teile von Rußland, Gesteinsfragmente aus Finnland, den russischen Ostseeprovinzen, vor allem aber aus Skandinavien, und bei der ungeheuern Ausdehnung des Raumes, über den die skandinavischen Findlinge ausgestreut sind, im Verhältnisse zu dem Areale, von welchem sie stammen, muß das letztere in ganz außerordentlichem Maße denudiert worden sein. Skandinavien muß während der Glazialzeit um ein sehr Beträchtliches niederer geworden sein, als es heute ist, die von hier entfernten Massen würden wahrscheinlich nicht nur ausreichen, um alle dortigen Seen auszufüllen, sondern auch um eine Decke von vielen Metern Dicke über das ganze Land auszubreiten.

Dasselbe muß auch für Finnland und die russischen Ostseeländer gelten; wenn wir aber auch eine derartige Erhöhung annehmen, so genügt das doch nicht, um eine Schwierigkeit zu lösen, welche aus der niedrigen Lage namentlich Esthlands entspringt. Es ist eine allgemeine Erfahrung, daß flache Gegenden keine selbständigen Gletscher- und Landeiserscheinungen zeigen, weder jetzt noch auch während der Diluvialzeit trotz ihrer erheblich niedrigern Temperatur. Das auffallendste Beispiel in dieser Beziehung bieten die ungeheuern Ebenen Sibiriens, die trotz ihres außerordentlich kalten Klimas nie selbständige Entwickelung von Gletschereis besaßen, nicht einmal während des Höhepunktes der Eiszeit, und ähnlich verhält es sich in andern Gegenden. Nun sind allerdings Finnland und Esthland nicht ganz so niedrig, aber trotzdem sind sie doch sehr weit entfernt, Gebirgsgegenden darzustellen; in Finnland erhebt sich der höchste Punkt des Landes nur sehr wenig über 300 m, und auch in Esthland steigen zwar vereinzelte Höhen unbedeutend über 300 m an, im großen und ganzen ist aber doch das Land entschieden zu niedrig, als daß man selbständige Gletscherentwickelung erwarten sollte. Die Erscheinung wird noch dadurch um so auffallender, daß man an vielen Punkten esthnische Silurgesteine als erratische Findlinge in viel höherm Niveau antrifft als dem des höchsten Punktes, an welchem dieselben in ihrer Heimat anstehend auftreten. Es sind das Erscheinungen, für welche vorläufig noch keine hinreichende Erklärung gegeben ist, und sie bilden entschieden die größte Schwierigkeit, welche heute der Glazialhypothese noch entgegensteht, und es wäre zu wünschen, daß diesem Gegenstande eingehendere Aufmerksamkeit gewidmet würde.

Ehe wir das nordeuropäische Binneneis und die Glazialgebilde der norddeutschen Ebene verlassen, müssen wir noch einen Blick auf die Oberflächengestaltung werfen, welche das letztere Gebiet beim Abschmelzen der Eismassen erhielt. Es sind dabei namentlich zwei Erscheinungen, deren Ursprung in diese Zeit zurückgeht, und die eine Besprechung verdienen, nämlich die Seen und die Flußläufe des Gebietes. Die Seen sind in zahlloser Menge auf den höher gelegenen Teilen, auf den Seenplatten von Mecklenburg, Pommern und Preußen, verbreitet, doch ist die Art und Weise ihrer Bildung noch nicht ganz klar; offenbar sind es Vertiefungen, die beim Rückgange des Eises im Boden vorhanden waren, und in denen sich die Wasser sammelten, ob aber eine Erosion durch das Eis, eine

Abdämmung durch Moränenmaterial oder eine andre Aktion diese Mulden hervorgebracht hat, läßt sich heute noch nicht bestimmt sagen.

In noch größerm Maßstabe tritt die Seenbildung in Schweden und vor allem in Finnland auf, und auch die gewaltigen Seen Rußlands, die sich vom Peipussee in Esthland nach Nordosten bis an das Weiße Meer erstrecken, sind hier zu nennen, doch wäre es ein großer Irrtum, die Entstehung all dieser Wasserbecken in einer und derselben Weise erklären zu wollen; die skandinavischen, finnischen und russischen Seen sind zum größern Teile in festen anstehenden Fels eingetieft, während die Mehrzahl der norddeutschen Seen, soweit man heute beurteilen kann, nur seichte Aushöhlungen in dem losen diluvialen Materiale darstellen.

An dem Flußsysteme Norddeutschlands fällt in erster Linie die außerordentliche Weite der Thäler auf im Vergleiche zu der Größe der sie durchströmenden Flüsse, welche sich in diesen weiten Senkungen ausnehmen „wie die Maus in dem Käfig des entkommenen Löwen". Eine andre Eigentümlichkeit ist, daß von jedem der Hauptstromsysteme an manchen Stellen so überaus niedrige Übergänge in das angrenzende hinüberführen, daß dieselben überhaupt fast gar nicht erhaben sind und sich deutlich als ehemalige, jetzt vom Wasser verlassene Flußbetten zu erkennen geben. Solche niedrige Übergänge von einem Thalsysteme zum andern gehen z. B. von der Weichsel bei Warschau durch das jetzige Thal der Bzura und Warthe und von diesem südlich von Posen durch das Obrabruch nach dem Thale der Oder; ferner von der Weichsel bei Bromberg längs des Bromberger Kanales, des Thalweges der Netze und untern Warthe zur Oder; von der Oder längs des Friedrich-Wilhelms-Kanales südlich von Frankfurt, weiterhin der Spree und der sumpfigen Niederung des Havelluches in das Thal der Elbe 2c.

Wenn wir die allmählichen Veränderungen des norddeutschen Flußnetzes, die namentlich durch Berendt nachgewiesen wurden, ihrem Verlaufe und ihren Ursachen nach verstehen wollen, so müssen wir uns den Verlauf der Schmelzwasser beim Rückgange des Eises vorstellen. Wie diese ihren Weg nahmen, als noch die Gletscher Skandinaviens auf dem Höhepunkte ihrer Entfaltung bis zu einer Höhe von 400 m an den mitteldeutschen Gebirgen hinaufreichten, wissen wir nicht sicher; die wahrscheinlichste Annahme ist, daß sie rückwärts vom Gehänge der Berge ab nach Norden unter das Eis versanken, hier an der Umlagerung der Grundmoräne mitarbeiteten und endlich auf irgend einem Wege durch Zirkulation unter dem Eise das Meer erreichten. Anders mußten sich die Dinge gestalten, als die Gletscherenden sich von den Gebirgen zurückgezogen hatten und nördlich von denselben in der Ebene sich ausbreiteten. Nun war der natürliche Weg der Wasser der, daß sie wenigstens der Hauptmasse nach die Linie größter Tiefe, dem Eisrande entlang nach Westen bis Nordwesten, einschlugen. Dieser Zustand dauerte so lange, bis durch bedeutenden weitern Rückgang der Eismauer den Flüssen der östlichen Gebiete ein näherer und daher mit raschern Gefälle ausgestatteter Weg gegen Norden eröffnet wurde. Dieser Weg konnte dann wohl um so leichter eingeschlagen werden, weil derselbe aller Wahrscheinlichkeit nach schon durch ältere unter dem Eise verlaufende Rinnen aus der vorhergehenden Zeit, wenn auch nur schwach, vorgezeichnet war.

In kleinerm Maßstabe sehen wir einen derartigen Vorgang in Sachsen, wo nach den Untersuchungen von Credner die Mulde von Grimma westlich floß und sich bei Leipzig mit der Pleiße vereinigte; erst später eröffnete sie ihr selbständiges zur Elbe führendes, nördlich gerichtetes Bett. In weit größern Verhältnissen finden wir diese Veränderungen an den Hauptströmen Norddeutschlands; die Elbe war gegen Ende der Eiszeit der einzige unter ihnen, der das Meer unmittelbar erreichte; durch den untern Teil ihres Thales flossen damals auch die Wasser, welche heute die Weichsel und Oder bilden, und in den oben genannten Einsenkungen, die von einem Flußsysteme zum andern führen, sehen wir

die alten heute verlassenen Thäler, welche damals zur Elbe führten. Später verließ dann die Oder das Elbgebiet und bahnte sich ihren Weg gegen Stettin, aber sie war noch mit der Weichsel vereinigt, und erst zuletzt eröffnete sich diese ihr jetziges Bett nach Norden. Ja, wir können selbst in der Zeit der Vereinigung noch verschiedene Phasen verfolgen, indem die Weichsel zuerst von Warschau durch das Warthethal zur Oder und beide dann vereint über Berlin zur Elbe gingen, während die Wasser später den nördlichen Parallelweg einschlugen, von Bromberg durch das Netzethal nach Küstrin, von da durch das Oderbruch nach Freienwalde und Eberswalde und von da dem Finowkanale entlang zur Havel und Elbe.

Natürlich gingen mit diesen großen Umgestaltungen des Flußnetzes auch zahllose kleinere Verschiebungen in dem Laufe der Seitenflüsse vor sich, welche damals, von den abschmelzenden riesigen Eismassen genährt, weit wasserreicher waren als heute. Die Verfolgung der Kiesanschwemmungen dieser alten Thalwege gestattet deren Verfolgung, und so wird es gelingen, das ganze hydrographische System Norddeutschlands zu Ende der Eiszeit wiederherzustellen, eine große und interessante Aufgabe, an deren Lösung die geologischen Landesaufnahmen im preußischen Flachlande unablässig arbeiten. Heute allerdings ist dieses Ziel noch nicht vollständig erreicht, und es ist daher an dieser Stelle nicht möglich, uns mit den einzelnen Erscheinungen näher zu beschäftigen, so interessant es auch sein mag, den allmählichen Werdeprozeß der heutigen Gestaltung aus ihren Anfängen zu verfolgen.

Diluvialablagerungen in andern Teilen Europas.

Neben dem nordeuropäischen und dem alpinen Landeise nehmen die Glazialerscheinungen in andern Gegenden unsers Erdteiles eine wenig bedeutende Stellung ein. Aus Spanien werden solche aus der Sierra Nevada und aus der Sierra Morena angeführt, größere Entwickelung erreichen die diluvialen Gletscher in den Pyrenäen, wo deren Existenz schon seit längerer Zeit bekannt und die Verhältnisse in neuerer Zeit von Penck eingehender untersucht worden sind. Keiner der Eisströme kann sich allerdings auch nur entfernt mit den größten alpinen Diluvialgletschern, mit denen des Rhone- oder des Innthales, messen, sie beschränken sich auf die Hauptthäler, ohne sich in dem Vorlande, das nur zwei mit ihren äußersten Enden erreichen, zu einer zusammenhängenden Masse zu verschmelzen. Der längste unter den Pyrenäengletschern, der im Thale der Garonne herabstieg, erreichte eine Länge von 70 km, die übrigen bewegen sich meist zwischen 40 und 50 km, während die Dicke des Eises sich auf 600—700 m belief. Einen eigentümlichen Charakter erhält die ganze Entwickelung dadurch, daß nur die Hauptthäler des verhältnismäßig einfach gebauten Kammes Gletscher führten, welche aus den Nebenthälern keine Zuflüsse erhielten. Infolgedessen stieg das Eis aus den Hauptthälern, seiner Mächtigkeit entsprechend, einige Hundert Meter in die Nebenthäler hinauf und staute hier die von den Höhen kommenden Bäche zu Seen auf.

Auch die Gebirge des mittlern Frankreich waren vereist, und dieselben Verhältnisse finden wir auch in Deutschland, über dessen niedrigere Höhenzüge Partsch berichtet hat. Im Schwarzwalde und in den Vogesen waren erhebliche Gletscher vorhanden, dagegen scheinen dieselben im Bayrischen und im Böhmer Walde nur geringe Bedeutung erlangt zu haben. Schwache Eisströme hat Partsch auch im Riesengebirge, Kayser im Harze nachgewiesen.

Verhältnismäßig ziemlich geringfügig im Vergleiche zu dem außerordentlichen Raume, den sie bedecken, zeigen die Karpathen Spuren alter Glazialerscheinungen; in bedeutendem Maßstabe waren Gletscher nur in der Hohen Tatra entwickelt, jenem wilden, von zackigen Granitgipfeln gekrönten Gebirgsstocke, der sich zwischen der Zipser und Liptauer

Ebene im nördlichen Ungarn und dem obern Dunajeclaufe in Galizien erhebt. Schon vor langer Zeit hat Zeuschner hier Moränen eines alten Gletschers bei dem Hochofen von Zakopane entdeckt, und später wurden solche auch auf der Südseite nachgewiesen. Nach den eingehendern Untersuchungen von Partsch können wir uns jetzt ein ziemlich gutes Bild von den dortigen Verhältnissen machen. Die Tatra, deren höchste Gipfel zwischen 2600 und 2700 m Meereshöhe liegen, besteht der Hauptsache nach aus einem sehr hohen, schroffen und zackigen Granitkamme, der aus der Zipser Ebene fast unvermittelt aufsteigt, während gegen Norden, gegen Galizien, wo jüngere Ablagerungen sich vorlegen, eine sehr viel allmählichere Abdachung stattfindet. Einen der auffallendsten Charaktere erhält das Gebirge durch

Felkasee bei Schmecks in der Tatra.

die außerordentlich große Menge der herrlichen kleinen Seen, der „Meeraugen", welche meist in bedeutender Höhe in Thalbecken, teilweise in prachtvoll entwickelten Zirkusthälern liegen. Schon aus dieser Gestaltung allein könnte man darauf schließen, daß hier einst bedeutende Gletscherentwickelung stattfand, und in der That liegen die meisten Seen in den alten Firnbecken und sind durch Stirnmoränen abgedämmt worden (s. obenstehende Abbildung). Entsprechend dem außerordentlich steilen Abfalle der Südseite, zeigen die Gletscher hier keine bedeutende Länge, wenn auch deren Mächtigkeit stellenweise ziemlich groß war. Auf der Nordseite mit ihrem sanftern Abfalle und ihrem infolgedessen viel entwickeltern und verzweigtern Thalsysteme sind weniger, aber weit längere Gletscher vorhanden, welche zuweilen sehr namhafte Ausdehnung erreichen.

In den übrigen Teilen der Karpathen fehlt es nicht ganz an Gletscherspuren, doch sind dieselben, wie es scheint, unbedeutend, und nur wenige Beobachtungen sind darüber gemacht worden; aus den Liptauer Bergen liegen einige ziemlich unbestimmte Angaben vor, in einem

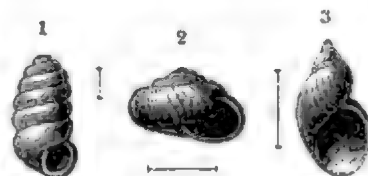
Digitized by Google

beträchtlichen Stücke der mittlern karpathischen Sandsteinzone habe ich nichts derartiges gefunden, dagegen haben Paul und Tietze in der höhern, östlichen Fortsetzung dieses Gebietes an der 2007 m hohen Tscherna Hora, dem höchsten Berge der Ostkarpathen, an welchem Theiß und Weißer Pruth entspringen, eine deutliche Moräne nachgewiesen. Endlich sind noch durch Lehmann in dem Grenzgebirge zwischen Siebenbürgen und Rumänien Gletscherspuren entdeckt.

Jede sichere Spur von Vereisung fehlt bis jetzt aus den Gebirgen der Balkanhalbinsel, wo nur im Rilogebirge im südwestlichen Bulgarien das Auftreten einiger Gebirgsseen auf Glazialwirkung deutet. Ich selbst habe mehrere der Hochgebirgsregionen in Griechenland, Thessalien und Makedonien besucht, ohne weder am Schar-Dagh bei Üsküb noch am Athos, am Olymp, in den Ätolischen Alpen, im Koraxgebirge oder am Öta irgend etwas zu finden, was der Wirkung von Gletschern zugeschrieben werden konnte.

Endlich waren im Kaukasus, der auch heute noch bedeutende Gletscher trägt, auch in der Diluvialzeit große Eismassen vorhanden, welche aber im Verhältnisse zur Größe und Höhe des ganzen Gebirges keine so bedeutende Entwickelung zeigen, wie wir sie in den Alpen finden.

Natürlich fanden während der Diluvialzeit auch in denjenigen Teilen Europas, welche von der Vereisung nicht berührt wurden, ebenfalls Ablagerungen statt; doch erscheinen deren Verhältnisse hier einfacher als in den Glazialdistrikten. In großer Verbreitung treten in den Flußthälern ältere Flußgerölle, Terrassen bildend, auf, welche aus einer frühern Zeit stammen, als der Fluß in einem höhern Niveau verlief als heute. Bisweilen finden sich in diesen Ablagerungen die Reste von Mammut, Rhinozeros und andern Tieren, welche jetzt teilweise ausgestorben sind, und mit ihnen die roh aus Feuerstein bereiteten Werkzeuge der ältesten Einwohner Europas. Eine andre diluviale Bildung, die vielverbreitet vorkommt, ist Lehm, vor allem aber ist als ein sehr wichtiges Vorkommen der Löß zu nennen, dessen eigentümlicher Einfluß auf Wasserzirkulation und Terrainbeschaffenheit schon früher besprochen wurde (vgl. Bd. I, S. 461–465). Wir müssen hier im Zusammenhange mit den übrigen diluvialen Vorkommnissen die Entstehung dieses merkwürdigen Gebildes ins Auge fassen.



Lößschnecken: 1. Pupa muscorum. — 2. Helix hispida. — 3. Succinea oblonga. Alle etwas vergrößert; die beigefügten Striche bezeichnen die natürliche Größe. (Nach Sandberger.)

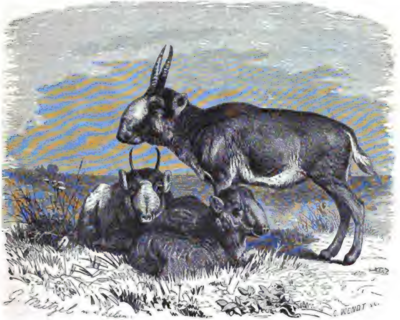
Der Löß ist ein gelblichgrauer bis hellbrauner, sandiger, kalkhaltiger Lehm, welcher seiner ganzen Ausdehnung nach von senkrechten Haarröhren durchzogen ist und in hohem Grade zu senkrechter Zerklüftung hinneigt. Schichtung fehlt dagegen in der Regel vollständig; nur in manchen Gegenden sind die gewöhnlich im Löß enthaltenen, sonderbar geformten Kalkkonkretionen, die „Lößmännchen“, in großen Abständen lagerweise angeordnet. Von Fossilresten sind an den meisten Fundorten die Schalen von Landschnecken in Menge vorhanden, während Süßwasserkonchylien nur sehr selten zu finden sind; die häufigsten und bezeichnendsten unter jenen sind Helix hispida, Pupa muscorum und Succinea oblonga (s. obenstehende Abbildung); außerdem treten an vielen Punkten Knochen von Säugetieren, bisweilen auch solche von andern Wirbeltieren auf, deren Bedeutung wir später kennen lernen werden. Breite Flußniederungen, weite Ebenen, flache Mulden, die Abdachungen sanfterer Gebirge und Höhenzüge, niedrige Plateaus sind die Gebiete, in welchen der Löß auftritt, und in den letztern Terrains findet er sich auch auf Wasserscheiden und unter Umständen, welche die Ablagerung durch fließendes Wasser oder in Seen so ziemlich ausschließen. In Europa haben die weiten Thäler des Rheines und der Donau, die niederungarische und ein Teil der polnischen Ebene die hauptsächlichste Verbreitung des Löß

aufzuweisen und verdanken ihm zum größten Teile ihre Fruchtbarkeit, außerdem findet er sich im südlichen Teile von Norddeutschland, an der Elbe zwischen Meißen und Pirna, im Gebiete der Weichsel und Oder, an der Neiße, Mulde, Saale, Unstrut, Werra, Lahn, ferner im Gebiete des Main und Neckar, im nördlichen Böhmen 2c., während er in Frankreich und in den Mittelmeerländern nur spärlich verbreitet ist, in England, Skandinavien und Rußland fast ganz fehlt. Die Mächtigkeit beträgt 10—60 m. Alle diese Vorkommnisse bleiben aber an Bedeutung und Ausdehnung sehr weit zurück gegen die Vorkommnisse in China, die wir namentlich durch die meisterhaften Schilderungen F. v. Richthofens kennen.

Sehr eigentümlicher Natur sind in Deutschland die Beziehungen des Löß zu den Glazialablagerungen; wo diese in voller Entwickelung auftreten, fehlt jener, und nur in Gegenden, welche von der letzten Vereisung frei gelassen worden sind, begegnen sich beiderlei Gebilde, indem hier der Löß vielfach den untern Geschiebelehm bedeckt. Es ist also offenbar hier die Lößablagerung gleichzeitig mit der zweiten Vereisung gewesen, natürlich schließt das aber nicht aus, daß dieselbe anderwärts schon früher begonnen und auch noch später fortgedauert habe. Das häufige Vorkommen von Löß an den Rändern von Glazialgebilden hat zu der Vermutung geführt, daß derselbe mit der Vereisung in engem, ursächlichem Zusammenhange stehe, daß er sich aus dem in den Schmelzwassern schwebenden Gletscherschlamme gebildet habe. Man hat große Seebecken angenommen, in welchen dieser Vorgang sich abgespiegelt haben soll. Aber in diesem Falle müßte der Löß vor allem geschichtet, und die massenhaften Konchylien, die sich in demselben finden, dürften nicht fast ausschließlich Landschnecken sein; ebenso wäre die senkrechte Zerklüftung, die Röhrchenbildung und eine Reihe andrer Eigentümlichkeiten unerklärlich, ganz abgesehen davon, daß eine Menge von Lößvorkommnissen durch ihre Lagerung auf Höhen jede Annahme eines Absatzes aus einem See vollständig ausschließen. Wie solche Bildungen aus Gletscherschlamm aussehen, wissen wir übrigens sehr genau aus der Beschaffenheit der diluvialen Bänderthone und der Ablagerungen aus einigen der jetzigen Alpenseen, und diese zeigen mit dem Löß nicht die mindeste Ähnlichkeit. Ebensowenig verträgt sich mit den geschilderten Eigentümlichkeiten die Annahme, daß der Löß sich unmittelbar aus den Schmelzwassern abgelagert habe, ohne daß diese sich in einen See ergossen hätten, ja diese Erklärungsweise ist noch weit weniger berechtigt als die vorige. Überdies fragt man bei manchen und gerade bei den größten Lößgebieten, z. B. bei der ungarischen Ebene oder bei China, vergeblich, wo denn die Gletscher lagen, die das Material geliefert haben sollen. Eine andre Erklärung ist die, daß der Löß das Produkt von Flußüberschwemmungen sei; im Frühlinge treten die Ströme über ihre Ufer und lassen Schlamm bei der Rückkehr in ihre Betten zurück; bei der größern Stärke der diluvialen Flüsse konnten sie viel größere Massen von Sediment führen, und ihrer Wirkung wird die Bildung des Löß zugeschrieben. Es ist das eine Hypothese, welche dem Vorkommen in großen Flußthälern angepaßt ist, aber selbst hier setzt ihr die Schichtungslosigkeit und die Struktur des Löß Schwierigkeiten entgegen, durchaus ungenügend ist sie aber für alle Ablagerungen auf Plateaus 2c. Kaum besser verhält es sich mit der Voraussetzung, daß wir es mit dem von diluvialen Regengüssen zusammengeschwemmten Materiale zu thun haben. Wie soll das rieselnde Regenwasser über eine viele Quadratmeilen große Ebene das vollständig gleichartige Material ausbreiten, wie dasselbe zur Bildung eines mehrere Meter mächtigen Lagers auf die Wasserscheide eines Plateaus hinaufschaffen?

Die Schwierigkeiten, welche die Eigentümlichkeiten des Löß jeder Annahme eines Absatzes aus Wasser entgegensetzen, führten F. v. Richthofen, der die riesige Entwickelung dieser Gebilde in China kennen gelernt und untersucht hatte, zu einer neuen Theorie der Lößbildung, wonach derselbe durch die Wirkung des Windes zusammengetragen worden sei. Diese Ansicht, für welche sich namentlich Nehring und Tietze sehr entschieden

ausgesprochen haben, hat trotz ihres anfangs befremdenden Charakters zahlreiche Anhänger gefunden und scheint jedenfalls die beste bisher gegebene Erklärung zu bieten. Wenn man allerdings die Mengen von Sand und Staub ins Auge faßt, welche der Wind in unsern Gegenden in Bewegung setzt, wenn er nicht eben über eine trockne Landstraße oder durch die Straßen einer Stadt fegt, wird man sich nicht von der Richtigkeit oder auch nur von der Möglichkeit einer solchen Auffassung überzeugen können. Ganz andre Wirkungen haben die furchtbaren Sand- und Staubstürme der Steppenregionen, namentlich der ungeheuern Gebiete Zentralasiens, welche alles in einen undurchdringlichen Schleier hüllen. Nehmen

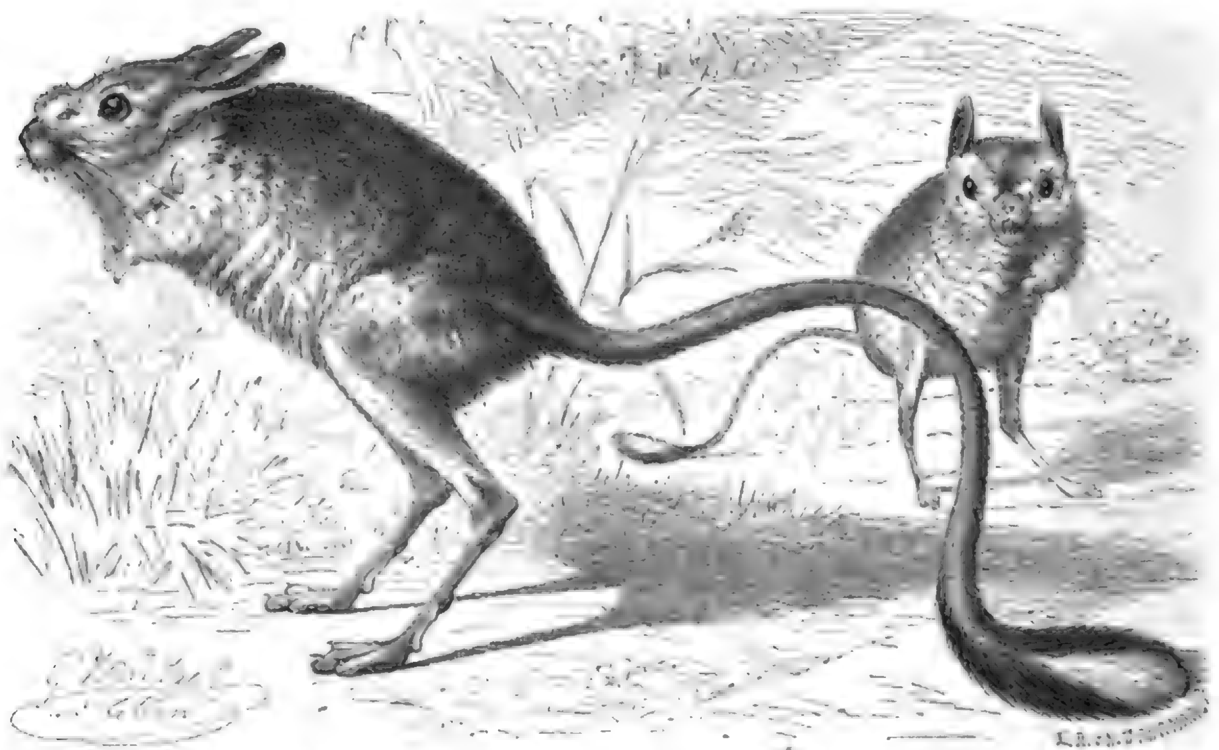


Saiga-Antilope (Saiga tatarica), jung. 1/10 natürl. Größe. Vgl. Text, S. 602.

wir eine mit Gras bewachsene Steppengegend an mit einer für einen großen Teil des Jahres verdorrenden Vegetation, deren Boden durch die sich anhäufenden Staubmassen allmählich erhöht wird, so wird hier sich allerdings ein Sediment wie der Löß bilden können; Schichtung kann sich nicht entwickeln, die lockere Konsistenz des Löß wird durch diese Art der Ablagerung sehr wohl erklärt, und die eigentümlichen senkrechten Röhren entsprechen den Wurzeln der Steppengräser, welche diese Hohlräume beim Absterben zurücklassen.

Diese Erklärung ist namentlich für China sehr plausibel, wo man die Staubstürme der Gobi gleichsam noch an der Arbeit sieht. Dagegen mußte es denn doch sehr zweifelhaft erscheinen, ob für ansehnliche Teile Europas während eines Abschnittes der Diluvialzeit ein Steppenklima vorausgesetzt werden dürfe, und eine solche Annahme wurde noch bedenklicher durch die ziemlich verbreitete Ansicht, daß gerade die quartäre Periode durch außerordentlich reiche Bewässerung und Regenmenge in ihrer Gesamtheit ausgezeichnet gewesen sei. Allein

hier kommt uns die paläontologische Untersuchung zu Hilfe, welche in der That im Löß und in verwandten Ablagerungen Europas eine ganze Menge der bezeichnendsten Steppentiere nachgewiesen hat; wohl waren einzelne derselben schon früher bekannt, ganz besonders haben aber die Arbeiten von Nehring einen ungeahnten Reichtum von Formen aus Deutschland kennen gelehrt, welche heute die Steppen des östlichen Europa und von West- und Mittelasien bewohnen. Die Steppenantilope oder Saiga (s. Abbildung, S. 601), welche heute namentlich um das Schwarze und Kaspische Meer vorkommt, das Wildpferd, der Kulan (Wildesel) Zentralasiens sind von solchen Formen zu nennen, vor allen aber eine ganze Menge der bezeichnendsten Nager, wie der Bobac oder das Steppenmurmeltier, das



Pferdespringer (Alactaga jaculus). ⅔ natürl. Größe.

Steppenstachelschwein (Hystrix hirsutirostris), der Pferdespringer (Alactaga jaculus, s. obenstehende Abbildung), Pfeifhase (Lagomys pusillus), mehrere Arten von Hamstern, Zieseln, Feldmäusen. Es sind das lauter Formen, die teils zu den entschiedensten Steppenbewohnern gehören, teils wenigstens den Wald meiden; manche derselben haben allerdings, seitdem der Mensch sich mit Feldbau beschäftigt, sich ganz besonders zu Bewohnern der Getreideäcker gestaltet, allein in der Zeit, ehe diese bequeme Nahrungsquelle für Feldmäuse, Hamster 2c. existierte, waren diese eben einfach Steppentiere.

Diese Erfahrungen bei den Säugetieren lassen in der That darauf schließen, daß der Löß ein „subaërisches“ oder „äolisches“ (von Äolus, dem Gotte der Winde) Steppengebilde darstellt, und eine Reihe andrer Beobachtungen auf andern Gebieten bestätigen diese Ansicht. Hierher gehört das Auftreten einzelner Kolonien von Steppenpflanzen im Gebiete der norddeutschen Ebene, welche sich offenbar aus jener Zeit bis heute erhalten haben, und das Auftreten einiger echter östlicher Steppeninsekten an isolierten Punkten an der Donau, in Serbien und bis zum Marchfelde in der Nähe von Wien.

So erhält die Richthofensche Lößtheorie einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, wenn auch noch einiges gegen sie spricht, wie z. B. das häufige Vorkommen der Succinea oblonga, einer Schnecke, welche nasse Stellen liebt, ferner des Mammut und des wollhaarigen

Rhinozeros, welche aller Wahrscheinlichkeit nach Waldtiere waren und sich, wie man aus dem Mageninhalte und den in hohlen Zähnen erhaltenen Speiseresten weiß, wesentlich von jungen Baumtrieben ernährten. Man wird annehmen dürfen, daß damals wie jetzt die Ränder der die Steppen durchschneidenden Flüsse mit Bäumen besetzt waren, daß diese wesentlich den Elefanten und Nashörnern zum Weideplatz dienten, und daß von hier oder von benachbarten bewaldeten Gebirgen diese großen Tiere sich zeitweilig in die Steppe begaben.

Von andern Gebilden der Diluvialzeit ist die große Ausbreitung zu nennen, welche namentlich gegen Ende des Abschnittes die Torfbildung in einem großen Teile von Europa gewonnen hat. An vielen Punkten beginnt dieselbe im Diluvium, die untern Lagen enthalten noch die Reste ausgestorbener Tiere, von Mammut, Rhinozeros, Riesenhirsch ꝛc., und dann findet der allmähliche Übergang zur Jetztzeit statt. Besonderes Interesse gewinnen derartige Vorkommnisse besonders dadurch, daß es gelingt, durch Untersuchung der Pflanzenreste, welche sich in verschiedenen Niveaus großer Torflager finden, die allmählichen Umgestaltungen der Vegetation zu verfolgen, wie das namentlich in Skandinavien durch Blytt, Steenstrup und Nathorst geschehen ist (vgl. S. 617).

Endlich sind noch die Kalktuffe zu nennen, Absätze kalkreicher Quellen, welche oft Pflanzenteile, Schneckengehäuse und Knochen umschließen, ferner die Lehmablagerungen in Höhlen mit ihren massenhaften Säugetierresten, die Knochenbreccien, lauter Vorkommnisse, die ihrer Fauna und Flora wegen von Wichtigkeit sind, und mit deren Produkten wir uns daher später noch beschäftigen werden, die aber vom rein geologischen Standpunkte aus wenig Bemerkenswertes für die Kenntnis der Diluvialzeit bieten. Neben diesen Binnenablagerungen sind noch Meeresbildungen zu erwähnen, welche in großer Verbreitung, aber meist nur an den Küstenrändern auftreten; diejenigen Vorkommnisse, welche in Norddeutschland, Skandinavien, England und Schottland im Gebiete der ehemaligen Vereisung auftreten, wurden schon früher besprochen; außer ihnen sind namentlich die jungen Meeresschichten von Interesse, welche an vielen Punkten des mittelländischen Beckens vorkommen. Die Umgebung von Palermo, Toscana, Corsica, Rhodos, die Dardanellen, vielleicht auch der Isthmus von Korinth und die Umgebung von Tarent haben Vorkommnisse geliefert, welche hierher zu rechnen sind; doch ist es in den Fällen, in welchen eine Muschelbank nur 2 oder 3 Prozent ausgestorbener Konchylienarten enthält, in der Regel sehr schwer, zu unterscheiden, was noch zum obersten Pliocän, was zum Quartär gerechnet werden soll. Sehr wichtig sind jene Fundorte, an welchen es gelingt, auch für das Mittelländische Meer den Nachweis zu liefern, daß seine Wasser unter dem Einflusse der Eiszeit sich abgekühlt haben; es finden sich nämlich an mehreren Punkten Konchylienarten, am öftesten Cyprina islandica, welche in der Jetztzeit wie im jüngern Tertiär dem Mittelmeere fremd waren und sich heute nur in der Nordsee und noch weiter im Norden finden. Solche Arten sind von Rhodos, aus Toscana ꝛc. bekannt, am ausgezeichnetsten aber treten sie bei Ficarazzi und am Fuße des Monte Pellegrino bei Palermo auf. Hier liegt über den Meeresbildungen des obern Pliocän eine Ablagerung, welche nach Monterosato eine ganze Anzahl borealer Formen enthält, wie Cyprina islandica, Mya truncata, Panopaea Norwegica, Buccinum undatum und Fusus contrarius. Wir haben also hier ein entschiedenes Gebilde der Eiszeit, und es liefert uns das einen Beweis dafür, daß die letztere mit einer weitverbreiteten Abkühlung verbunden war (vgl. oben, S. 539).

Diese nordischen Formen in den diluvialen Ablagerungen des Mittelmeergebietes sind übrigens auch nach einer andern Richtung hin von Bedeutung. Die Moränen der südalpinen Diluvialgletscher reichten, wie oben erwähnt, an manchen Stellen weit nach abwärts, und ihr Geschiebelehm vermischt sich dort mehrfach mit dem dort anstehenden mittelpliocänen,

blauen Thone mit Meereskonchylien. Es war infolgedessen die Ansicht ausgesprochen worden, daß unsre ganze Auffassung der jungtertiären und quartären Bildungen eine falsche sei, daß die pliocänen Thone sich gleichzeitig mit den Moränen gebildet haben, und daß die Marinablagerungen des mittlern Pliocän das Äquivalent der Glazialbildungen seien. Diese Deutung rief vielfachen Widerspruch hervor, und es wurde von C. Mayer-Eymar gezeigt, daß es sich in jenen südalpinen Lokalitäten um eine nachträgliche mechanische Mengung des marinen Pliocänthones mit dem Geschiebelehme handle, indem wahrscheinlich der erstere von dem Eise teilweise denudiert und in die Grundmoräne einverleibt wurde. Überdies wurde auch sofort hervorgehoben, wie sehr der subtropische Charakter der marinen Fauna zu der Annahme passe, daß sie der Eiszeit angehöre. Trotzdem wurde von vielen an dieser Auffassung festgehalten; nun sehen wir aber, daß in den viel jüngern Meeresbildungen von Toscana, Sizilien und Rhodos wirklich nordische Konchylien auftreten, in diesen Schichten sehen wir die deutlichen Spuren des Klimas der Eiszeit, und damit ist der endgültige Beweis geliefert, daß die Thone des mittlern Pliocän in Wahrheit gar nichts mit den Glazialablagerungen zu thun haben.

Tier- und Pflanzenwelt der Quartärzeit in Europa.

Verschiedene der bisher genannten Ablagerungen haben uns die Reste der quartären Organismen geliefert, welche über die damalige Pflanzenwelt zwar nur spärliche Auskunft, dagegen über gewisse Abteilungen des Tierreiches, namentlich über Säugetiere und Land- und Süßwasserkonchylien, ausführlichen Aufschluß geben.

Weitaus am wichtigsten sind jedenfalls die Säugetiere der Diluvialzeit; die Zahl der Fundorte ist eine so große, daß es schlechterdings nicht möglich ist, hier auch nur die wichtigsten derselben aufzuzählen. Die zahlreichen Knochenhöhlen, die Knochenbreccien, die Lehmausfüllungen von Spalten im Gebirge, die Lager von Torf und Torfkohle, der Löß, die Sand- und Geröllager, sie alle haben eine Unzahl von Resten geliefert, deren hauptsächlichstes Interesse weniger in sehr abweichenden zoologischen Merkmalen, in dem Auftreten sonst ganz unbekannter Typen, als gerade im Gegenteile in ihren vielfach außerordentlich nahen Beziehungen zu der jetzigen Schöpfung und in den mannigfachen Schlüssen liegt, die sich daraus ergeben[1].

Im allgemeinen bietet die quartäre Säugetierfauna Europas im Vergleiche zu der jetzigen ein Bild kraftvollster Entwickelung, wir sehen eine Menge mächtiger Formen, so daß die heutige Bevölkerung nur als ein kläglich zurückgegangener Rest erscheint. Am auffallendsten tritt uns dieses Verhältnis entgegen, wenn wir die großen Pflanzenfresser ins Auge fassen; in erster Linie treten uns drei mächtige Arten von Elefanten in großer Verbreitung entgegen, jede derselben größer als jetzt der indische und der afrikanische Elefant[2]. Von diesen waren **Elephas meridionalis** und **Elephas antiquus**, vielleicht die größten Landsäugetiere, die je existiert haben, namentlich im Süden Europas verbreitet, sie reichen nach England, sind aber schon in Norddeutschland sehr selten. Beide sind namentlich in der ältesten der

[1] Irgend welche nähere Angaben über das Auftreten des Menschen und seiner Haustiere und Kulturpflanzen in quartären Ablagerungen werden hier nicht folgen, da dieser Gegenstand in einer andern Abteilung des vorliegenden Werkes eingehend behandelt ist (vgl. Ranke, „Der Mensch“, Band 2).

[2] Über Zahl und Begrenzung der diluvialen Elefantenarten sind mannigfache Meinungsverschiedenheiten vorhanden, ebenso wie über eine Reihe andrer diluvialer Säugetiere; ein Eingehen auf diese Streitfrage ist hier natürlich unmöglich, ich gebe die nach dem jetzigen Stande des Wissens wahrscheinlichsten Auffassungen.

Eiszeit vorangehenden Periode häufig, dann verschwindet Elephas meridionalis, während Elephas antiquus noch in interglazialen Ablagerungen auftritt.

Ganz anders sind die Verhältnisse bei der dritten Art, dem Mammut (Elephas primigenius), welches in der präglazialen Zeit nur vereinzelt vorkommt, dann aber in den spätern Diluvialablagerungen außerordentlich häufig wird und Europa und das nördliche Asien in zahllosen Herden bevölkerte. Kein andres Tier hat durch seine Reste so allgemeines Aufsehen erregt wie das Mammut, dessen Knochen und Zähne stellenweise in Menge vorhanden sind. In früherer Zeit hielt man sie für die Gebeine des heiligen Christoph oder eines andern Heiligen, dem man aus irgend einer Ursache besondere Größe zuschreiben zu müssen glaubte, und viele solche Reste wurden in Kirchen als Reliquien aufbewahrt. Andre hielten sie wieder für die Knochen der biblischen Riesen Gog und Magog oder andrer minder berühmter Riesen, während die mit dem klassischen Altertume näher Vertrauten sie dem germanischen Heerkönige Teutobod zuschrieben. Als man endlich so weit kam, namentlich die Zähne näher zu betrachten und sie als Elefantenzähne zu identifizieren, da meinte man, daß sie von den Kriegselefanten herrühren, die Hannibal auf seinem kühnen Zuge von Spanien durch Südfrankreich und über die Alpen mit sich führte, und von denen bekanntlich alle bis auf einen unterwegs den Strapazen erlagen.

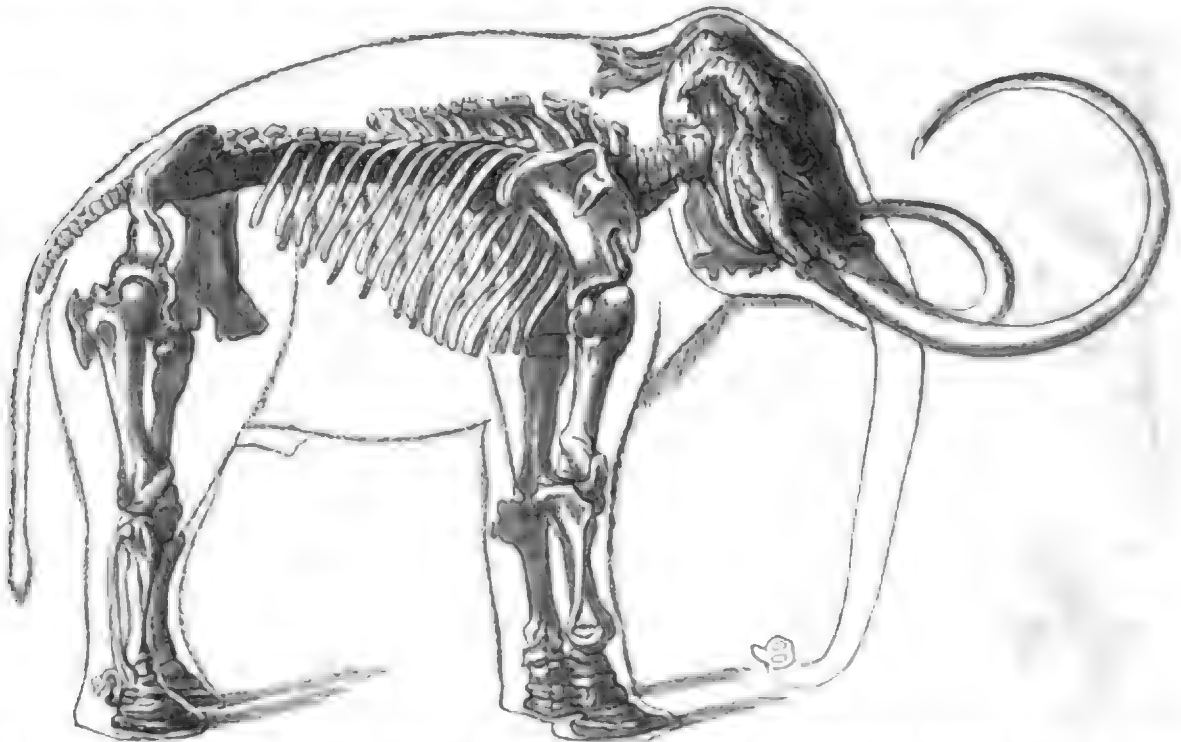
Später erkannte man, daß das Mammut wirklich bis vor verhältnismäßig kurzer Zeit in Europa gelebt habe, und es war naturgemäß, daß man daraus auf ein warmes Klima für Europa schloß. Allein die Erfahrungen haben diese Ansicht nicht bestätigt; in Europa fehlt das Mammut im Süden, es findet sich vorwiegend in den nördlichen und mittlern Teilen, allein so häufig es hier auch stellenweise ist, so kommt es doch noch in sehr viel größerer Menge in Sibirien und namentlich im nördlichen Sibirien vor, wo manche Diluvialschichten ganz von seinen Resten erfüllt sind. Es gibt wohl nichts, was dieses Verhältnis besser bezeichnen könnte, als der Umstand, daß etwa ein Drittel von allem Elfenbeine, welches in den Handel kommt, von den diluvialen Mammuten Sibiriens herrührt; ja, selbst auf den so überaus unzugänglichen Neusibirischen Inseln, welche nördlich vom asiatischen Festlande unter etwa 75° nördlicher Breite im Eismeere liegen, findet sich das fossile Elfenbein des Mammutes in solcher Menge, daß lange Zeit hindurch die Elfenbeinsammler die gefahrvolle Schlittenfahrt über das gefrorne Meer wagten, um diese Schätze zu heben.

Es ist gewiß merkwürdig genug, daß das Elfenbein sich während so langer Zeit frisch genug erhalten hat, um noch technisch verwertet zu werden; allein noch weit wunderbarer waren die Funde vollständiger Exemplare, welche mit Haut und Haaren, mit Fleisch und Eingeweiden im Eisboden Sibiriens gefunden werden. Die Kadaver kommen hier so frisch vor, daß das Fleisch regelmäßig von Eisbären, Wölfen, Füchsen, Hunden aufgezehrt war, ehe eine Expedition in jene entlegenen Gegenden kommen konnte, um den Fund für die Wissenschaft zu retten.

Die Art und Weise, wie dieser Eisboden sich gebildet hat und die Mammute in denselben gelangt sind, ist noch nicht ganz klar; in manchen Fällen scheint es sich um einen ehemaligen Sumpfgrund zu handeln, in welchem Elefanten, Nashörner 2c. gelegentlich versanken, und der später gefror, ohne seit der Eiszeit wieder aufzutauen. In andern Gegenden scheint ein verschiedenes Verhältnis zu herrschen; so sehen wir an der Eschscholtzbucht im nordwestlichsten Nordamerika eine ziemlich reine Ablagerung von Wassereis (nicht Gletschereis) von diluvialem Alter, in welches alte Strandlinien eingeschnitten sind, und über diesem Eise liegt ein Thon mit den Resten großer Säugetiere.

Wie dem auch sei, jedenfalls tauen gelegentlich aus dem Eisboden Sibiriens ganze Mammutleichen heraus, und die Eingebornen glauben, daß diese Tiere in der Erde leben und in derselben herumwühlen, wenn sie aber bei dieser Arbeit aus Versehen an die Luft

kommen, so sterben sie sofort, dann findet man sie in vollständiger Erhaltung. Das erste Vorkommen dieser Art, welches bekannt wurde, fand sich an der Lenamündung; hier bemerkte ein Tunguse, daß im Verlaufe von zwei Jahren allmählich ein Elefant aus der eisigen Hülle frei ward; 1799 machte er die Entdeckung, aber erst sieben Jahre später hörte der Naturforscher Adams auf einer Reise durch Sibirien von der Sache und besuchte den Fundpunkt. Leider war das Tier schon zum größten Teil aufgefressen, es fand sich noch ein Ohr, ein Auge, ein Stück der Haut, und viele Sehnen und Bänder hafteten noch an den Knochen. Vor allem aber wurde die höchst merkwürdige Thatsache festgestellt, daß das Mammut mit dichter, rotbrauner Wolle über den ganzen Körper bedeckt und am Halse mit



Das Petersburger Mammut-Skelet, aus dem sibirischen Eisboden, mit einzelnen Teilen der Sehnen, Bänder ꝛc. erhalten; der Körperumriß ist ergänzt.

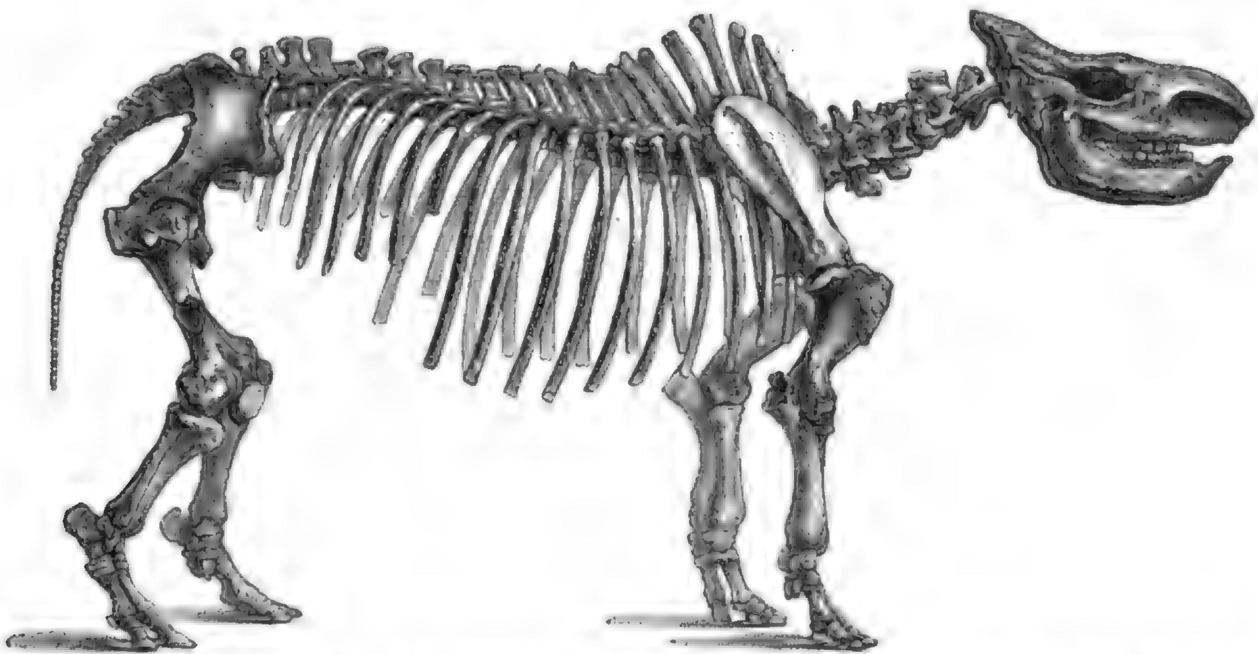
einer mächtigen Mähne bekleidet war. Das Skelet des Tieres wurde nach Petersburg gebracht und dort aufgestellt (s. obenstehende Abbildung).

Seither sind mehrfach wieder solche eingefrorne Tiere gefunden worden, aber nie ist es gelungen, eins derselben vollständig zu erhalten; eine unter F. Schmidt abgesandte Expedition konnte gegen Ende der sechziger Jahre wieder einige Teile eines Mammutes retten, außerdem erhielt man einige noch mit der Haut überzogene Körperteile von Nashörnern, und namentlich ein von Schrenk entdeckter Kopf von Rhinoceros Merckii ist gut erhalten und zeigt, daß die Haut mit rotscheckigem Haare bekleidet war (s. Abbildung, S. 608).

Im allgemeinen ist das Mammut dem indischen Elefanten nahe verwandt, aber es unterscheidet sich, abgesehen von seiner Größe und seiner Behaarung, von demselben durch die viel zahlreichern und schmälern Schmelzjoche der Backenzähne und durch die riesigen, sehr stark geschwungenen Stoßzähne.

Wie früher erwähnt, glaubte man anfangs, daß das Mammut als naher Verwandter des Elefanten ebenfalls unter einem heißen Klima gelebt haben müsse; als man nun das massenhafte Vorkommen desselben in Sibirien und die im Eise eingefrornen Exemplare kennen lernte, suchte man nach einer Auskunft; man nahm an, daß durch gewaltige von Süden nach Norden brausende Wasserfluten, vielleicht durch die Noachische Sintflut, zahllose

Reste tropischer Tiere in die arktischen Regionen verschwemmt worden seien. Allerdings mußte man sich bald von der Unmöglichkeit einer solchen Vermutung überzeugen, und man griff zu der gleich falschen Erklärung eines ganz plötzlichen Umschlages in den klimatischen Verhältnissen. Weder für die eine noch für die andre Vermutung liegt der mindeste Grund vor, das Mammut war durch seinen dichten Pelz geschützt und konnte auch in kalten Gegenden leben, und daß es das auch that, beweisen die Reste der Mahlzeiten, die man im Magen und zwischen den Zähnen von Mammut und Rhinozeros gefunden hat, und die wesentlich aus den Zweigen und Trieben von Nadelhölzern bestehen, wie sie noch heute in Sibirien auftreten. Es ist also Elephas primigenius die nordische Elefantenform, die ihren Hauptsitz in Sibirien und Nordeuropa hatte und in Mitteleuropa den südlichen Typen, dem Elephas meridionalis und dem dem afrikanischen Elefanten sehr nahe stehenden Elephas antiquus, begegnete.



Skelet von Rhinoceros antiquitatis (tichorhinus), aus diluvialem Torf, von Kreiburg am Inn. Vgl. Text, S. 608

Während diese drei Arten große Verbreitung besitzen, finden wir in Europa noch einige andre Vertreter der Gattung auf engem Gebiete, die aber trotzdem von großem Interesse sind. In erster Linie ist das Auftreten des echten afrikanischen Elefanten zu nennen, der sich in den Knochenhöhlen Siziliens und in Spanien in der Umgebung von Madrid gefunden hat, eine Erscheinung, welche für die Beurteilung der ehemaligen Landverbindung Europas nach Süden von Bedeutung ist. Am auffallendsten aber sind die Elefanten der Insel Malta, wo man sehr zahlreiche Reste dem afrikanischen Elefanten nahe verwandter Tiere gefunden hat; diese sind aber alle erheblich kleiner, die größte Form wird im Durchschnitte nicht über 2 m hoch (Elephas Mneidriensis), Elephas melitensis ist schon sehr erheblich kleiner, und Elephas Falconeri ist ein ganz winziger Zwergelefant, dessen größte Exemplare noch nicht 1 m hoch wurden, der also nicht größer war als ein Kalb. Das Vorkommen von großen Säugetieren auf Malta beweist jedenfalls, daß diese ziemlich kleine und vegetationsarme Insel einst ein Teil eines großen Festlandes war; aus dem Auftreten des Zwergelefanten, dem noch ein Zwerghippopotamus an die Seite gestellt wird, ist dann gefolgert worden, daß, als Malta eine Insel wurde und die Vegetation dieser zur Ernährung großer Formen nicht mehr ausreichte, die Elefanten und Flußpferde zu winzigen Dimensionen verkümmerten, was immerhin möglich ist.

Eine zweite Gruppe mächtiger Pflanzenfresser der Diluvialzeit sind die Nashörner, welche in ebenso großer Zahl wie die Elefanten auftreten; in erster Linie ist Rhinoceros antiquitatis (oder tichorhinus, s. Abbildung, S. 607) zu nennen, der stete Begleiter des Mammutes, mit zwei Hörnern von ganz kolossaler Größe und mit kräftig verknöcherter Nasenscheidewand, welche dieser furchtbaren Waffe als feste Stütze diente. Auch dieses Tier hat man in vollständig erhaltenen Exemplaren im sibirischen Eisboden eingefroren gefunden und dabei beobachtet, daß es ebenfalls mit einem dichten Haarkleide, also auch mit Schutzmitteln gegen die nordische Kälte, versehen war. Es ist das gerade hier um so merkwürdiger, als auch die jetzt lebenden Nashörner mit wolligen Haaren bedeckt zur Welt kommen, und man darf daraus wohl schließen, daß sie, wenn auch nicht vom Rhinoceros antiquitatis, so doch von einer andern behaarten Form abstammen. Mit jener Art kommt sowohl im mittlern und nördlichen Europa als in Sibirien eine zweite Art von Nashorn

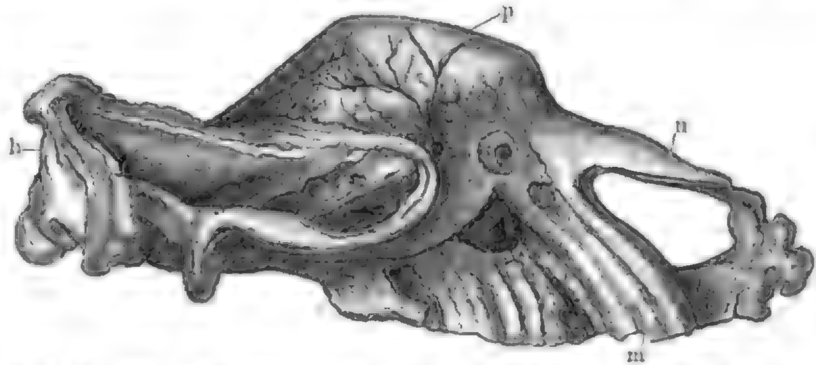
Kopf von Rhinoceros Merckii mit vollständig erhaltener Haut und Haarbedeckung, aus dem sibirischen Eisboden. (Nach Schrenk) Vgl. Text, S. 606 u. 608.

mit unvollkommen verknöcherter Nasenscheidewand vor (Rhinoceros Merckii), dessen wohlerhaltener, durch Schrenk aufgefundener Kopf obenstehend abgebildet ist; doch ist dieser Typus nicht ein vorwiegend nordischer, sondern wir finden denselben wenigstens durch eine sehr nahe stehende Form (Rhinoceros etruscus) auch im südlichen Europa häufig vertreten. Endlich haben wir im Rhinoceros leptorhinus eine vorwiegend südliche Art, die namentlich den ältern Diluvialablagerungen eigen ist und sich nur vereinzelt in nördlichen Gegenden, z. B. in Norddeutschland, findet.

An die Nashörner schließt sich am innigsten die seltene und höchst sonderbar gebaute Gattung Elasmotherium an (s. Abbildung, S. 609), der einzige Typus unter den europäischen Diluvialsäugetieren, welcher sich von allen lebenden Formen sehr weit entfernt und ganz isoliert dasteht. Elasmotherium ist ein riesiges Tier, von der Größe eines Elefanten, dem Baue nach am nächsten an Rhinozeros sich anschließend, allein mit Zähnen, die zwar im Grundcharakter des Baues sich denen der Nashörner nähern, aber viel verwickeltere Anordnung der Schmelzfalten zeigen, so daß sie in dieser Richtung fast an Pferde erinnern. Das äußerlich auffallendste Merkmal ist, daß die Nasenregion so schwach gebaut ist, daß sie unmöglich ein Horn tragen konnte, dagegen tritt auf der Stirn ein Knochenpolster von ungeheurer Dicke und Größe auf, das offenbar ein riesenhaftes Horn zu tragen bestimmt war; nach der Form des Nasenbeines war vielleicht ein kleiner Rüssel vorhanden.

Dieses merkwürdige Tier, von welchem wenige Stücke in Rußland und Sibirien gefunden worden sind, scheint geradezu dem Phantasiegebilde des fabelhaften Einhornes Wirklichkeit zu verleihen, und es ist in der That die Frage besprochen worden, ob etwa das Elasmotherium noch gleichzeitig mit dem Menschen gelebt und Anlaß zur Ausbildung unsrer Einhornsage gegeben hat. Das letztere kann unbedingt verneint werden, denn eine etwas nähere Prüfung ergibt, daß die Gestalt des englischen Wappentieres lediglich auf vagen und ungenauen Berichten über das im Mittelalter in Europa unbekannte Nashorn beruht. Dagegen ist es nicht unmöglich, daß in Sibirien das Elasmotherium noch mit dem Menschen gelebt hat und von ihm ausgerottet worden ist; wenigstens deutet man in dieser Weise Berichte der Tungusen, daß in ihrem Lande früher fürchterliche schwarze Stiere von ungeheurer Größe mit einem einzigen Horne mitten auf der Stirn gelebt haben, so groß, daß zur Fortschaffung des Hornes allein ein Schlitten erforderlich war.

Von unpaarhufigen Tieren sind außerdem verschiedene Vertreter der Pferdefamilie vorhanden, von welchen Wildpferde außerordentlich häufig, sehr selten dagegen solche des Kulan, des zentralasiatischen Wildesels, gefunden werden. Unter den Pferden hat man eine große Anzahl verschiedener Rassen, teilweise unter selbständigen Artnamen, ausgeschieden, auf die wir hier nicht näher eingehen können. In unsern Gegenden ist namentlich eine mittelgroße, starkknochige, großköpfige Rasse verbreitet, zu der sich später eine kleinere, dünnknochigere gesellt. Wie Nehring wohl mit Recht annimmt, sind diese aller Wahrscheinlichkeit nach die Stammeltern unsers zahmen, sogenannten gemeinen Pferdes. Jedenfalls ist angesichts der Häufigkeit diluvialer Pferde und ihrer nahen Verwandtschaft zu unsern nicht veredelten, „kaltblütigen" Rassen die gewöhnliche Annahme nicht festzuhalten, daß das Pferd als Haustier in unsre Gegenden aus Asien eingeführt sei.



Schädel von Elasmotherium. (Nach V. v. Möller.) h Hinterhaupt — p Knochenpolster der Stirn — n Nasenbeine — m Oberkiefer. Vgl. Text, S. 608.

In weit größerer Zahl als die Unpaarhufer sind die Paarhufer vertreten. Von Höckerzähnern ist außer dem Wildschweine namentlich Hippopotamus vorhanden, von dem eine Art von einigen als mit dem lebenden Nilpferde übereinstimmend, von andern als selbständig (Hippopotamus major) angesehen wird und als Begleiter des Elephas meridionalis in den ältesten, der Eiszeit vorausgehenden Quartärablagerungen von Südeuropa, Süddeutschland, Frankreich und England auftritt. Es bevölkerte offenbar damals die Flüsse und Seen dieses Gebietes in derselben Weise wie heute diejenigen von Afrika; dagegen kann das Vorkommen in jüngern Diluvialablagerungen nicht als sicher erwiesen betrachtet werden. Außerdem findet sich eine kleinere Art derselben Gattung, Hippopotamus Pentlandi, auf einigen Inseln des Mittelländischen Meeres, auf Sizilien, Malta und Kreta, und ihr Vorkommen liefert uns jedenfalls einen weitern Beweis, daß in diesen Gegenden damals eine ganz andre Verteilung von Wasser und Land herrschte als jetzt. Auf Malta soll außerdem noch ein kleiner Zwerghippopotamus zu finden sein.

Unglaublich groß ist die Menge der Wiederkäuer und unter ihnen vor allen die der Hirsche, deren außerordentliche Artenzahl in dem präglazialen Forest-bed Englands schon oben hervorgehoben wurde; wir können hier nicht auf alle diese Formen eingehen, sondern nennen nur diejenigen, welche von besonderer Bedeutung sind. Von den vielen ausgestorbenen

Hirschen sei nur der mächtige Riesenhirsch erwähnt (Cervus euryceros, Megaceros hibernicus, s. untenstehende Abbildung), ein gewaltiges Tier mit damhirschähnlichem Geweihe von riesiger Größe, dessen Enden fast 4 m voneinander abstanden. In großer Häufigkeit kommt der Riesenhirsch in manchen Torfmooren Irlands vor, so daß von dort schon viele vollständige Skelete in die Sammlungen gekommen sind. In andern Gegenden ist er seltener, aber doch, wie es scheint, über den größten Teil von Europa verbreitet.

Man hat viel darüber gesprochen, ob sich der Riesenhirsch nicht in Deutschland bis ins Mittelalter erhalten hat. Im Nibelungenliede wird unter der Jagdbeute Siegfrieds neben Wisent, Elch, Ur, Löwen und Bären auch der „grimme Schelch" genannt, und man hat von jeher darüber nachgedacht, was für ein starkes, wehrhaftes Tier damals in Deutschland gelebt haben mag. Daß der Schelch wirklich hier vorkam und nicht etwa wie der Löwe nur von der Phantasie des Dichters hierher versetzt wurde, beweist eine mittelalterliche Urkunde, in welcher das Recht, in einem Forste den Schelch zu jagen, vergeben wird. Man nahm nun an, daß es sich um den Riesenhirsch handle. Doch läßt sich für diese Vermutung kaum viel mehr vorbringen, als daß es nicht gelingen will, eine andre Deutung zu finden; vielleicht ließe sich noch der Name selbst anführen, der offenbar mit dem bayrischen Provinzialausdrucke „schelchen" (schief und unbeholfen gehen) zusammenhängt, da der Riesenhirsch unter der Last seines ungeheuern Geweihes wohl eine schwankende oder schaukelnde Gangart gehabt haben mag.

Skelet des irischen Riesenhirsches (Cervus euryceros, Megaceros hibernicus) mit ergänztem Körperumrisse.

Aber anderseits wäre es doch seltsam, wenn das Andenken an dieses herrlichste Jagdtier spurlos verschwunden wäre, wenn nicht in irgend einem alten Schlosse die prachtvolle Trophäe seines Geweihes sich erhalten oder an einem der alten Dome unter den mannigfachen in Stein gemeißelten Tiergestalten der Steinmetz sein Bild angebracht hätte. Jedenfalls kann man diese Deutung des Riesenhirsches nur als in hohem Grade zweifelhaft betrachten.

Von heute noch lebenden Arten sind zunächst noch Edelhirsch, Damhirsch und Reh zu nennen, zu denen sich noch der dem ersten verwandte, stärkere Wapiti gesellt, der heute auf Nordamerika beschränkt ist; ferner der Elch oder das Elentier, das noch im Mittelalter in Deutschland weit verbreitet war, und das Renntier, welches zwar jetzt den Norden bewohnt, aber zur Zeit Julius Cäsars noch in den Wäldern Germaniens gelebt haben soll. Das europäische Renntier (Rangifer tarandus) war namentlich in den spätern Abschnitten der Diluvialzeit überaus häufig, und die Zahl der Fundstellen, von welchen man dasselbe kennt, ist außerordentlich groß. Jedoch reichte seine Verbreitung nicht weit nach Südeuropa, die äußersten vorgeschobenen Posten finden sich im südlichen Frankreich, aber gerade hier an der Grenze seines Verbreitungsbezirkes war es nach der Ausbeute der dortigen

Knochenhöhlen außerordentlich häufig. Dagegen tritt, wie früher erwähnt wurde, in den interglazialen Ablagerungen Norddeutschlands eine andre Form, nämlich das amerikanische Renntier oder Karibu, auf, welches heute in Grönland und den kältern Teilen Nordamerikas vorkommt.

Die Antilopen sind im europäischen Diluvium nur schwach vertreten; die Gemse war damals nicht auf die Hochgebirge beschränkt, ihre Reste finden sich auch in der Ebene, und die Saiga-Antilope der osteuropäischen und westasiatischen Steppen breitete sich über Deutschland bis nach Frankreich aus (s. Abbildung, S. 601). Noch geringer an Zahl als die Antilopen sind die Schafe und Ziegen, die zwar nicht fehlen, von denen aber nur der Steinbock, damals gleich der Gemse ein Bewohner der Niederungen, Beachtung verdient. Als ein nahe mit den Schafen verwandtes Tier ist efrner einer der merkwürdigsten Gäste im Diluvium Europas zu nennen, der Moschusochs mit seinen breiten, die Stirn deckenden Hörnern, welcher heute nur in Grönland und in den kältesten Teilen von Nordamerika lebt.

Von großer Wichtigkeit endlich sind die höchst stehenden unter den Wiederkäuern, die Rinder, die namentlich durch den Urstier, den Wisent und zwei Büffel vertreten sind. Der Urstier (Bos primigenius, s. nebenstehende Abbildung) war ein Wildrind von großem Wuchse und mit mächtigen, fast horizontal zur Seite geschwungenen Hörnern, das noch vor einigen Jahrhunderten in Deutschland wild lebte, und von dem die in einigen Parken in England halb wild lebenden Rinder vielleicht die letzten, etwas herabgekommenen Sprößlinge sind. Außer diesen aber leben sicher zahlreiche Nachkommen des Urstieres unter den europäischen Hausrindern; es kann als sicher angenommen werden, daß unsre zahmen Rinderrassen nicht von einer einzigen Form wilder Rinder abstammen, sondern daß dieselben durch die Kreuzung mehrerer Arten von Wildrindern entstanden sind. Keine dieser letztern hat das Blut einer der Stammformen rein erhalten, überall ist Vermischung eingetreten, doch steht z. B. die holsteinische Rinderrasse dem Urstiere noch ziemlich nahe.

Schädel des Urstieres (Bos primigenius)

Die zweite in ganz Europa verbreitete Rinderform ist der Wisent oder Auerochs (Bison europaeus, Bison priscus, Bos priscus), welcher jetzt in einigen Exemplaren im Forste von Bialystok in Litauen gehegt wird und auch in einzelnen Teilen des Kaukasus vorkommt, aber noch im Mittelalter in Deutschland in großer Zahl vorhanden war. Endlich sind als zwei Tiere von örtlich beschränktem Vorkommen noch Büffel zu nennen, von welchen der eine (Bubalus Pallasi) aus den diluvialen Ablagerungen der Umgebung von Danzig von Baer und F. Römer beschrieben wurde und dem sogenannten indischen Büffel nahesteht; diese letztere Art selbst, die im südöstlichen Europa und in Italien vielfach als Haustier gezüchtet wird, hat sich nach Rütimeyer an einigen Punkten Italiens gefunden.

Stellen Elefanten und Huftiere die großen Pflanzenfresser, so liefern die Nagetiere die Schar kleiner Gäste, die an derselben Tafel schmausen. Zwar sind auch hier einige stattlichere Formen im Diluvium vorhanden, der Biber und das ihm verwandte, aber größere Trogontherium, die große Mehrzahl aber sind kleine Geschöpfe, die wir hier nicht ausführlich

schildern wollen. Das hauptsächlichste Interesse der Nager, deren Kenntnis namentlich durch Nehring sehr gefördert worden ist, liegt darin, daß verschiedene Gruppen unter denselben unterschieden werden können, die nach dem Auftreten ihrer jetzt noch lebenden Nachkommen auf verschiedene Heimat und verschiedene Lebensverhältnisse verweisen und dadurch einen sehr wesentlichen Beitrag zu dem Beweise liefern, daß während der Quartärzeit sehr bedeutende Veränderungen der klimatischen Verhältnisse vor sich gegangen sind. Schon oben haben wir gesehen, daß namentlich im Löß, aber auch in einigen andern Ablagerungen Nager vorkommen, welche heute teils in den Steppen Asiens leben, teils wenigstens an offenes, waldloses Land gebunden sind, wie Pfeifhasen, Pferdespringer, verschiedene Ziesel, Hamster, Steppenmurmeltier, einige Arten von Feldmäusen und das Steppenstachelschwein. Eine zweite Gruppe von Arten, die in andern Ablagerungen vorzukommen pflegen, sind nordische Typen, wie der Schneehase (Lepus glacialis), der Lemming und der Halsbandlemming, während wieder andre, wie Eichhörnchen und Bilche (Myoxus glis, Nitela), offenbar ebenso wie jetzt Waldbewohner waren.

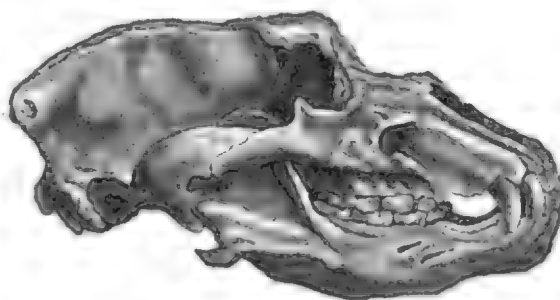
Der großen Menge von Pflanzenfressern standen als grimmige Feinde Raubtiere in sehr bedeutender Zahl gegenüber, ja der Reichtum der letztern ist fast noch überraschender als derjenige der erstern, und weder Indien noch Afrika können sich in dieser Beziehung mit dem diluvialen Europa messen. An erster Stelle müssen wir wohl die entwickeltsten Raubtiere, die Katzen, nennen. Ein gewaltiger Löwe (Felis spelaea, Leo spelaeus) war damals über den größten Teil von Europa, mit Ausnahme der weiter nach Norden gelegenen Teile, verbreitet, und man hat sogar vollständige Skelete dieses mächtigen Tieres gefunden, doch gehört dasselbe wenigstens im Vergleiche zu den Bären und Hyänen immerhin zu den seltenern Vorkommnissen. Die im Knochenbaue vorhandenen Unterschiede zwischen Löwen und Tiger sind übrigens so gering, daß man lange Zeit zweifelhaft war, mit welcher der beiden Formen man es zu thun habe; doch neigt sich jetzt wohl die Mehrzahl der Kenner zu der Ansicht, daß es ein Löwe war, welcher Europa bewohnte. Ein noch furchtbarerer Räuber war wohl der messerzähnige Tiger (Machairodus latidens), der sich ziemlich selten in Frankreich und England gefunden hat, ein naher Verwandter jener Machairodusarten, die bei Besprechung der Tertiärfauna beschrieben wurden. In Spanien kommt ferner der afrikanische Panther vor, während in Frankreich ein andres diesem ähnliches Tier auftritt (Felis antiqua); dazu gesellt sich noch in Frankreich und England der Serval des tropischen und südlichen Afrika, während von jetzt noch in Europa heimischen Arten der Luchs und die Wildkatze zu nennen sind; einige andre, wie es scheint ausgestorbene Katzenarten sind von geringer Bedeutung.

Zu den häufigen Raubtieren Europas gehört die sogenannte Höhlenhyäne (Hyaena crocuta, spelaea), welche, abgesehen von manchen andern Vorkommnissen, viele der Knochenhöhlen allein bewohnt zu haben scheint. Außer durch die massenhaften Reste des Tieres selbst sind diese Höhlen sofort schon an der Art und Weise kenntlich, in welcher die Knochen hier erhalten sind. Wie ihre lebenden Verwandten, zerbiß offenbar auch die Höhlenhyäne alle Knochen, wozu ihre nach den sehr starken, erhabenen Kämmen des Schädels überaus entwickelte Kaumuskulatur sie ganz besonders befähigte, und so findet man die Gebeine in den Hyänenhöhlen durchgehends zerbrochen und zu meist ziemlich kleinen Bruchstücken zermalmt. Namentlich England, Frankreich und Italien waren die Hauptstätten der Höhlenhyäne, während sie in Deutschland sehr viel seltener auftritt. Man hielt dieselbe lange Zeit hindurch für eine eigentümliche ausgestorbene Art, bis neuere Untersuchungen zu dem ziemlich unerwarteten Ergebnisse führten, daß sie, abgesehen von bedeutenderer Größe, ganz mit der lebenden gefleckten Hyäne übereinstimmt. Es ist das sehr merkwürdig, weil diese jetzt nur im tropischen und südlichen Afrika vorkommt, dagegen in den Europa näher

liegenden Gegenden, in Nordafrika und Westasien, fehlt. Hier wird sie durch die gestreifte Hyäne (Hyaena striata) ersetzt, welche sich ebenso wie die Schabracken-Hyäne (Hyaena brunnea) fossil in Europa nur sehr selten findet.

Konnten wir unter den Katzen und Hyänen eine Menge südlicher Typen in Europa nachweisen, so verhält es sich anders bei der großen Familie der Marder, welche fast ausschließlich nur noch jetzt in unserm Erdteile vorkommende Tiere umfaßt. Da finden wir den Edelmarder, Hermelin, Wiesel, Iltis, Dachs, Fischotter, und als einziger fremdartiger Gast kommt der nordische Vielfraß (Gulo luscus, borealis, spelaeus) hinzu, der nicht wie die meisten nordischen Formen nur in Mitteleuropa verbreitet war, sondern auch weit im Süden, in Dalmatien, gefunden worden ist.

Ähnlich verhält es sich mit den Hunden, deren außerordentlich große Zahl nicht immer auf genügende Merkmale hin unterschieden worden ist; wir können uns natürlich nicht auf die Streitfragen über diesen Gegenstand einlassen. Neben Wolf und Fuchs und einer Anzahl eigentlicher Wildhunde, welche teilweise als die Stammeltern einiger unsrer europäischen Haushunderassen betrachtet werden, ist auch hier eine hochnordische Form in dem Eisfuchse durch Nehring nachgewiesen worden.



Schädel des Höhlenbären.

Die letzte Abteilung der Raubtiere, die Familie der Bären, liefert uns weitaus die häufigste und verbreitetste Raubtierform der europäischen Diluvialfauna, den Höhlenbären (Ursus spelaeus), der namentlich in den Knochenhöhlen von Franken, Schwaben, Mähren, Belgien, Frankreich, überhaupt fast in ganz Europa in zahlloser Menge auftritt und nur in England durch die dort herrschende Hyäne ersetzt wird. Die Menge der Exemplare, welche einzelne Fundpunkte, wie die Muggendorfer und Gailenreuther Höhle in Franken, der Hohlefels in Württemberg, die Slouper Höhle in Mähren, geliefert haben, ist eine ganz erstaunliche, und wir können daraus auf die außerordentliche Häufigkeit dieses gewaltigen Tieres schließen. Unter allen seinen Verwandten ist der Höhlenbär am größten, er übertrifft selbst den Eisbären und den grauen Bären Nordamerikas ganz erheblich; seine Größe und Kraft machten ihn gewiß zu einem furchtbaren Gegner, der selbst dem Löwen und dem Machairodus trotzen konnte, doch scheint er kein hervorragender Räuber gewesen zu sein. Zwar findet man in den diluvialen Bärenhöhlen massenhafte, teilweise benagte Knochen von Tieren, die seine Beute geworden sind, aber trotzdem müssen wir aus der Beschaffenheit der Backenzähne des Höhlenbären schließen, daß er auch Pflanzenkost in sehr ergiebiger Menge zu sich nahm. Die Molaren der Bären unterscheiden sich von denjenigen der übrigen Raubtiere durch die breite und wenig spitzhöckerige oder schneidende Gestalt ihrer Kronen, und auch die Entwickelung eines Fleischzahnes ist kaum angedeutet, eine Eigentümlichkeit, die damit zusammenhängt, daß sie „Allesfresser" sind, daß sie gemischte Fleisch- und Pflanzenkost genießen. Unter allen Bären sind nun bei dem Höhlenbären diese Merkmale weitaus am stärksten entwickelt, und er scheint daher verhältnismäßig am meisten vegetabilische Nahrung genossen zu haben. Außerdem ist Ursus spelaeus noch durch seine sehr steil abfallende Stirn sowie dadurch charakterisiert, daß bei erwachsenen Tieren die vordersten Backenzähne (Prämolaren), die sogenannten Lückenzähne, fehlen (s. obenstehende Abbildung). Weit seltener kommen neben dieser noch zwei andre Bärenarten vor, von denen die eine mit unserm gewöhnlichen braunen Bären, die andre mit dem größern grauen Bären Nordamerikas übereinstimmen dürfte.

Es sind das die wesentlichsten Formen unsrer diluvialen Säugetierfauna, zu deren Ergänzung nur noch einige Insektenfresser (Maulwurf, Igel, Spitzmäuse) und Fledermäuse gefügt werden müssen. Weit geringer ist die Vogelfauna, die auch nur wenige interessante Typen liefert, und aus der nur das Auftreten nordischer Arten, wie Moos-huhn, Schneehuhn und Schneeeule, hervorzuheben ist. Auch Reptilien, Amphibien und Fische sind von ganz untergeordneter Bedeutung, so daß wir aus diesem großen Kreise nur noch ein höchst merkwürdiges und rätselhaftes Vorkommen hervorheben wollen, nämlich das Auftreten riesiger Landschildkröten in den Diluvialablagerungen auf Malta. Große Landschildkröten sind zwar in dem Tertiär von Süddeutschland (Kirchberg an der Iller) und der Sivalikhügel am südlichen Fuße des Himalaja gefunden worden, aber sie zeigen keine engern Beziehungen zu der Art von Malta. Diese schließt sich im Gegenteile viel näher an einige jetzt lebende oder kürzlich ausgestorbene Riesenschildkröten an und bildet mit diesen zusammen eine Gruppe, die sich durch wesentliche Merkmale von den übrigen Landschildkröten unterscheidet. Die Typen, welche sich an die Art von Malta anschließen, finden sich lebend auf der Inselgruppe der Galapagos oder Schildkröteninseln, welche sich westlich von Südamerika unter dem Äquator befindet, ferner auf der Insel Aldabra, die nördlich von Madagaskar ziemlich isoliert im Indischen Ozeane liegt; die kürzlich ausgestorbenen Arten lebten außer auf Malta auf den beiden Maskareneninseln Mauritius und Rodriguez, östlich von Madagaskar.

Es gibt vielleicht unter allen Gruppen der landbewohnenden Wirbeltiere keinen zweiten Fall einer so durchaus unerklärlichen und seltsamen geographischen Verbreitung, wie es diejenige dieser großen Landschildkröten ist, und das Verhältnis wird dadurch noch viel rätselhafter, daß die Arten von Mauritius und Rodriguez die nächste Verwandtschaft nicht mit denjenigen der doch nur etwa 1800 km entfernten und derselben Meeresregion angehörigen Insel Aldabra zeigen, sondern sich auffallend denjenigen der Galapagos nähern, welche durch ungeheure Zwischenräume von jenen getrennt sind; auch die fossile große Landschildkröte von Malta ist zunächst mit der Testudo elephantopus von den Galapagos verwandt. So sehen wir hier plötzlich in dem sonst ziemlich regelmäßig zusammengesetzten Gesamtbilde der europäischen Diluvialfauna ein durchaus fremdes Element auftreten, eine Tiergruppe, die nur auf wenige überaus weit voneinander entfernte Inseln beschränkt ist. Man wäre versucht, nach allen Analogien danach diesen Typus für geologisch sehr alt zu halten und zu glauben, daß derselbe früher allgemein verbreitet war und, im Kampfe ums Dasein unterliegend, sich nur auf einzelnen Inseln erhalten habe; aber das geologische Vorkommen liefert nicht den mindesten Anhaltspunkt für eine solche Bestimmung, und man steht einem solchen Rätsel hilflos gegenüber.

Von wirbellosen Tieren haben fast nur die Mollusken, welche Sandberger genauen Untersuchungen unterzogen hat, größere Bedeutung, und man hat eine große Zahl ihrer Gehäuse gefunden und bestimmt. Die Sande von Mosbach bei Wiesbaden, der Kalktuff von Kannstatt bei Stuttgart, die verschiedenen Lokalitäten des Löß, die Kalktuffe Thüringens haben in Deutschland die größte Menge solcher Schalen geliefert. Im allgemeinen stimmen sie mit den noch jetzt in denselben Gegenden lebenden Arten überein, doch kommen auch Formen nordischer Regionen und des Hochgebirges in den Ebenen Mitteleuropas vor, während anderseits auch einzelne Arten hier auftreten, welche jetzt in wärmerm Klima leben; unter den letztern ist namentlich Cyrena fluminalis zu nennen, welche in Thüringen, Frankreich und England gefunden wurde, während sie jetzt in Europa fehlt, dagegen in Nordafrika, Syrien 2c. auftritt.

Über die Pflanzenwelt der Diluvialzeit wissen wir ziemlich wenig; die wichtigsten Daten über die Flora der präglazialen und interglazialen Zeit sowie über die in unmittelbarer Nähe

des Landeises vorkommenden Gewächse wurden schon oben gelegentlich mitgeteilt; von Interesse für die klimatischen Änderungen, die nach der Vergletscherung stattfanden, sind namentlich die in Torfmooren vorkommenden Reste.

Zu andern wichtigen Schlüssen allgemeinerer Art geben die Säugetiere Veranlassung. Welch ungeheure Menge großer Formen hier auftritt, wurde schon oben hervorgehoben; und in der That kann sich jetzt kein Teil der Erde mit dem diluvialen Europa messen. In der Säugetierfauna, welche uns heute umgibt, sind Wisent und Elentier allein durch etwas bedeutendere Größe ausgezeichnet, und selbst von diesen beiden ist der erstere im Aussterben begriffen, das zweite in seiner Verbreitung stark eingeengt. Naturgemäß drängt sich die Frage nach der Ursache dieser Erscheinung auf. In erster Linie wird man natürlich den auffallenden Wechsel der klimatischen Verhältnisse und damit auch der Flora verantwortlich machen wollen; manche Tiere werden einfach der zu großen Kälte beim Eintritte der Eiszeit oder der wiederkehrenden Wärme nach Ende derselben erlegen sein. Noch mehr wirkten wahrscheinlich auf die Pflanzenfresser die Veränderungen der Vegetation, indem sie die ihnen zusagende Nahrung nicht mehr fanden, und natürlich werden dabei gerade die Riesen der Tierwelt, welche ungeheure Mengen von Futter verbrauchen, in erster Linie betroffen werden. Allein offenbar reichen diese Verhältnisse zur Erklärung nicht aus. Betrachten wir z. B. das Mammut, dessen Verbreitung von den Ufern des Mittelmeeres bis zu denen des Nördlichen Eismeeres reicht, das vor dem Eintritte der Kälteperiode inmitten einer Vegetation lebte, wie wir sie heute in Europa haben, das sich während der Eiszeit erhielt, das von den Pflanzenresten des nördlichen Sibirien sich zu nähren vermochte und nach dem Verschwinden der Gletscher noch immer in unsern Regionen ausdauerte, so können wir offenbar nicht an die oben besprochene Ursache denken, sondern vielmehr an die Thätigkeit des Menschen, der in jahrtausendelang fortgesetztem Ringen manche dieser Kolosse und der furchtbaren Raubtiere ausrottete.

Diese zwei Ursachen könnten für die Erklärung der Verhältnisse genügen, wie wir sie in Europa finden, allein wenn wir für einen Augenblick über dessen Grenzen hinausgreifen, so überzeugen wir uns, daß es sich nicht überall so verhält. Wie wir sehen werden, zeigt sich ein ähnlicher Rückgang über den größten Teil der Erde und in besonders auffallender Weise in Amerika. Von den Vereinigten Staaten von Nordamerika bis nach Patagonien, also in der heißen und in beiden gemäßigten Zonen, waren massenhafte Mastodonten, riesige, den Elefanten nahestehende Tiere, und neben ihnen ein ganzes Heer von kolossalen Edentaten, Verwandten der Faultiere und Gürteltiere, vorhanden; hier kann die Eiszeit keinen Ausschlag gegeben haben, denn die Tiere, denen es im Norden und Süden zu kalt wurde, konnten sich in der Mitte, in der Äquatorialregion, erhalten. Daß der Mensch sie vernichtet habe, ist ebenfalls unwahrscheinlich, denn man kann kaum annehmen, daß der außerordentlich dünnen und auf niedriger Kulturstufe stehenden Urbevölkerung, z. B. des östlichen Südamerika, dies gelungen sein sollte, während es der hoch stehenden und überaus dichten Bevölkerung Indiens nicht möglich gewesen ist, die ihre Felder verwüstenden Elefanten und Nashörner zu vertilgen. Wenn wir aber sehen, daß in Amerika die großen Diluvialtiere ausgestorben sind, ohne daß die Ursachen gewirkt hätten, deren Thätigkeit man für Europa annimmt, so muß das sehr ernste Zweifel an der Berechtigung dieser Annahme für unsern Erdteil anregen, und wir müssen wirklich gestehen, daß das Verschwinden der großen Diluvialtiere uns trotz aller Bemühungen eine rätselhafte und unerklärliche Erscheinung darstellt.

Wenn wir übrigens von der Menge großer Tiere sprechen, welche in Europa zur Quartärzeit existierten, so dürfen wir doch nicht glauben, daß dieselben alle gleichzeitig und in denselben Gegenden gelebt haben. Wir haben schon gesehen, daß manche Formen vorwiegend

in den ältern, andre in den jüngern Ablagerungen sich finden, manche sind mehr im nördlichen, andre im südlichen Gebiete heimisch, und es konnten Elemente einer Glazial-, einer Steppen- und einer Waldfauna namhaft gemacht werden, welche natürlich die ihrer Lebensweise zusagenden Standorte bewohnten. Wir müssen uns nun näher mit der Verteilung der einzelnen Typen beschäftigen und die Gliederung des Diluviums in zeitliche Abschnitte ins Auge fassen. Damit lichtet sich auch wenigstens bis zu einem gewissen Grade das Chaos, welches die quartäre Säugetierfauna bei dem Versuche bietet, ihre klimatischen Beziehungen zu deuten. Immerhin bleibt es seltsam genug, daß wir während eines verhältnismäßig kurzen Abschnittes der Erdgeschichte in denselben Gebieten Elefant, Rhinozeros, Nashorn, Löwe und Hyäne mit Moschusochs, Renntier, Steinbock, Gemse, Murmeltier, Polarfuchs, Vielfraß, Halsbandlemming ꝛc. vereinigt sehen, und es ist eine sehr eindringliche und ernste Warnung für diejenigen, welche stets geneigt sind, aus den ausgestorbenen Formen bestimmte Schlüsse auf die Temperaturverhältnisse zu ziehen, unter welchen sie lebten. Wenn gerade in der allerjüngsten Vergangenheit so auffallende Abweichungen in allerklarster Weise hervortreten, so muß man annehmen, daß dieselben sich um so mehr steigern, in je ältere Ablagerungen wir zurückgehen, und daß nur die weit geringere Bekanntschaft mit den Verhältnissen der ältern Perioden uns dieselben übersehen läßt.

Leider ist die geologische Gliederung der Diluvialablagerungen und der Vergleich der einzelnen Abteilungen in verschiedenen Gegenden mit ganz außerordentlichen Schwierigkeiten verbunden und infolgedessen noch nicht sehr weit gediehen. Ganz besondere Hindernisse stellen sich dem Versuche entgegen, die Gebilde in ehemals vereisten und in nicht vereisten Landstrichen zu parallelisieren, und selbst in den Glazialgebieten ist die Frage, ob eine zweimalige oder eine dreimalige Vergletscherung stattgefunden hat, noch sehr weit davon entfernt, endgültig gelöst zu sein. Auch die fossilen Tierreste führen durchaus zu keinem sichern Ergebnisse. Man könnte eine erste der Eiszeit vorangehende Abteilung mit ihren charakteristischen Tieren unterscheiden, dann eine Periode der nordischen Formen, diesen sollte die Zeit der Steppenfaunen und endlich die der Waldfauna folgen. Allein wenn eine solche Reihenfolge sich für einzelne Gegenden ergeben würde, so wäre doch damit noch kein Anhaltspunkt für die Annahme geboten, daß sich das allgemein so verhalten habe; es ist im Gegenteile sehr wahrscheinlich, daß zur Zeit, in welcher am Rande der Eismassen vorwiegend nordische und alpine Tiere lebten, in größerer Entfernung sich die Steppentiere aufhielten, und ebenso ist aller Grund für die Annahme vorhanden, daß, während die Steppentiere die Niederungen bewohnten, in den regenreichern Gebirgen Wälder vorhanden und von den diesen eigentümlichen Formen besiedelt waren. Ähnlich verhält es sich mit der Annahme, daß gegen Ende der Diluvialzeit, nachdem die großen Raubtiere und Pflanzenfresser an Zahl schon sehr vermindert waren, ein durch das massenhafte Auftreten des Renntieres charakterisierter Abschnitt vorhanden war, wie das in Südfrankreich vielfach der Fall zu sein scheint; in der That gehört das europäische Renntier wohl vorwiegend den jüngern Quartärablagerungen an, aber daß das genannte Verhältnis überall stattgefunden habe, ist nicht wahrscheinlich und kann durchaus nicht bewiesen werden.

Mit ziemlicher Bestimmtheit kann man als eine wenigstens ziemlich allgemein gültige Regel festhalten, daß ein erster Abschnitt des Diluvium unterschieden werden kann, während dessen Elephas meridionalis und antiquus häufig waren, das Mammut dagegen nur selten vorkommt, während dessen das Hippopotamus auftritt, die nordischen und steppenbewohnenden Tiere aber noch fehlen oder nur sehr spärlich vorkommen. In den Glazialgebieten geht diese Tiergesellschaft der ersten Vereisung voran; das Forest-bed von Cromer in England ist der bekannteste Typus dieser Abteilung, und hierher gehören auch die andern Quartärablagerungen mit Elephas meridionalis.

In einem zweiten Abschnitte ist dann Elephas meridionalis und vermutlich auch Hippopotamus verschwunden, Elephas antiquus und Rhinoceros leptorhinus treten nur noch sehr selten auf, dafür werden das Mammut und Rhinoceros tichorhinus die häufigsten unter den großen Tieren; hierher gehören die interglazialen Bildungen, z. B. die Fauna des Sandes von Rixdorf bei Berlin und diejenige der Schweizer Schieferkohle.

Allein schon hier ergeben sich Schwierigkeiten. In den vereisten Bezirken läßt sich in der Regel die interglaziale von der frühern Fauna gut trennen, da zwischen beiden sich die Hauptmasse der fast fossilleeren Geschiebelehme einschiebt, aber anders verhält es sich da, wo keine Gletscherentwickelung stattgefunden hat. Nicht nur wird durch den Mangel jener fremdartigen Einschiebung die Trennung beider Abteilungen erschwert, sondern es werden auch die Verhältnisse sehr viel verwickelter. Während die kalten Perioden in vereisten Gegenden nur durch fossilarme Ablagerungen repräsentiert sind, werden gerade um diese Zeit anderwärts die größten und auffallendsten Veränderungen der Tierwelt eintreten, zur Zeit der großen Ausbreitung der Gletscher werden sich anderwärts die Ablagerungen mit den Resten der nordischen Tiere und in etwas größerer Entfernung diejenigen mit Steppentieren gebildet haben, ohne daß es bisher möglich wäre, die Anordnung und Aufeinanderfolge dieser Elemente näher zu verfolgen.

Nach Abschluß der Eiszeit ist Elephas antiquus verschwunden, das Mammut und Rhinoceros tichorhinus sind noch in Menge vorhanden, und zu ihnen gesellt sich das europäische Renntier (Rangifer tarandus); wir erhalten also hier einen dritten Abschnitt innerhalb des Diluvium, von dem aus dann der allmähliche Übergang zu der heutigen Entwickelung stattfindet. Schematisch dargestellt würde demnach die Gliederung des Diluvium folgendermaßen aussehen:

1) Zeit des Elephas meridionalis, antiquus und des Hippopotamus major; Fehlen der nordischen und Steppentiere Elephas primigenius sehr selten.
2) Zeit des Elephas antiquus, primigenius und des Rhinoceros tichorhinus (nordische und Steppentiere).
3) Zeit des Elephas primigenius, des Rhinoceros tichorhinus und des Rangifer tarandus (Steppen- und Waldtiere).

Selbst diese beschränkte Gliederung ist in manchen Punkten, namentlich was das Alter der Steppentiere anlangt, noch sehr problematisch, und sie gilt nur für Mitteleuropa; nach dem Norden sind Elephas meridionalis und antiquus nie vorgedrungen, und sie liefern daher auch hier keinerlei Anhaltspunkte für eine Gliederung. Überhaupt müssen wir gestehen, daß wir hier noch an den ersten Anfängen sind, und daß es noch lange dauern kann, ehe wir von wirklich befriedigender Kenntnis sprechen können.

Weit mehr ist in manchen Gegenden für die Untersuchung der lokalen Aufeinanderfolge geschehen, und in dieser Beziehung verdienen besonders die in Skandinavien namentlich durch Blytt, Nathorst und Steenstrup angestellten Untersuchungen über die Veränderung der Vegetation nach Ende der Eiszeit hervorgehoben zu werden. Indem man die in den Torfmooren in verschiedener Tiefe unter der Oberfläche vorkommenden Pflanzenreste untersucht, kann man wenigstens folgern, welches zur Zeit der Ablagerung der verschiedenen Teile des Torfmoores die herrschenden Gewächse waren. Blytt kam zu dem Resultate, daß mehrfach trocknes und feuchtes Klima gewechselt habe, während Steenstrup zeigte, daß in Dänemark zu Beginn der Torfbildung der vorherrschende Waldbaum die Zitterpappel war, dann die Föhre folgte, später die Eiche, Erle und Buche; später ergab sich dieselbe Aufeinanderfolge auch in Schweden und mit geringen Abweichungen in Norwegen, eine Thatsache von um so größerm Interesse, als man jetzt in Sibirien nicht übereinander, sondern nebeneinander dieselbe Reihenfolge der Bäume bemerkt, wenn man von

Nordosten nach Südwesten fortschreitet. Ähnliche Beobachtungen sind in Frankreich durch Fliche gemacht worden, und in all diesen Fällen können wir auf eine allmähliche Steigerung der Wärme als Ursache dieser Veränderungen schließen. Allerdings gibt es auch andre Erscheinungen, welche zeigen, daß es sich dabei um keine ganz allgemeine Regel handelt; so wissen wir durch die Untersuchungen von Geikie, daß z. B. auf den jetzt baumlosen Shetlandinseln zwischen den Torflagern Baumreste vorkommen, und ähnliche Anzeichen einer zeitweilig höhern Temperatur lassen sich auch anderwärts anführen.

Wir werden durch diese Vorkommnisse zu einer wichtigen und interessanten Frage geführt, zu der Frage nach den klimatischen Verhältnissen während der diluvialen Zeit. Die Verbreitung der Tier- und Pflanzenreste, die Ausdehnung des Eises, die wir kennen gelernt haben, geben uns eine Reihe von Anhaltspunkten zur Erkenntnis dieser Verhältnisse, und an ihrer Hand müssen wir vor allem die Temperaturverhältnisse während der Eiszeit zu ermitteln suchen und dann die übrigen Veränderungen der Verteilung von Wärme und Niederschlägen während der quartären Periode in Betracht ziehen.

Ehe wir jedoch die Organismenwelt der Diluvialzeit verlassen, müssen wir des wichtigsten Ereignisses gedenken, welches in dieser Periode eintrat, nämlich des ersten Erscheinens des Menschen in Europa. Man hat zwar schon viel von den Spuren tertiärer Menschen gesprochen, aber noch ist zur Stunde kein einziger sicherer Fund anzuführen, welcher in dieser Richtung beweisend wäre. Das Vorkommen einzelner kurzer Einschnitte auf den Knochen tertiärer Säugetiere kann mit voller Beruhigung den scharfen Zähnen der Raubtiere zugeschrieben werden, welche dieselben benagten, und auch die angeblich bearbeiteten Feuersteine aus dem Miocän von Pont-Levoy in Frankreich sind so unsicherer und zweifelhafter Natur, daß man noch nicht zu erwägen braucht, ob der Mensch oder ein kunstfertiger Affe diese Splitter zugeschlagen hat. Erst im Diluvium treten sichere Reste auf, aber auch hier fehlen sie noch in den präglazialen Bildungen, und die frühsten unzweifelhaften Spuren, deren Alter sicher festgestellt werden konnte, stammen aus interglazialen Bildungen. Nach dem Rückzuge der ersten Vereisung war der Mensch in Europa anwesend, und er war nun der Zeitgenosse der großen Elefanten, der Nashörner, des Höhlenbären, der Hyäne, kurz all der Tiere, die wir oben kennen gelernt haben. Von da an werden dann Reste und Kunstprodukte des Menschen in Menge gefunden. Ob der Mensch wirklich erst in der interglazialen Zeit in Europa eingewandert ist, oder ob er schon früher hier gelebt hat, ob er in einem andern Erdteile schon weit früher existiert hat, das sind Fragen, die wir nicht beantworten können. Daß der Mensch schon zur Tertiärzeit gelebt hat, ist überaus wahrscheinlich, aber wir haben keinerlei Beweis dafür.

Auf die Reste von Menschen und auf seine Kunstprodukte, die in Diluvialablagerungen gefunden worden sind, können wir hier nicht eingehen, da diesem wichtigen Gegenstande ein besonderer Teil dieses Werkes gewidmet ist; hier sollte nur der Moment in der Erdgeschichte bezeichnet werden, in welchem der Mensch uns zuerst entgegentritt.

Klimatische Verhältnisse Europas in der Diluvialzeit.

Solange die Thatsache der Vereisung weiter Gebiete während der Diluvialzeit bekannt ist, so lange dauert auch schon das Bestreben, die Ursache dieser merkwürdigen Erscheinung zu erforschen und diese allen frühern Anschauungen über die klimatischen Verhältnisse der Vorzeit widersprechenden Vorgänge zu erklären. Diese Versuche können zweifacher Natur sein, sie können sich entweder mit der unmittelbaren Veranlassung oder mit der entferntern, tiefer liegenden Ursache befassen; die erstere Richtung wird festzustellen haben, welche

Änderungen in der mittlern Jahrestemperatur, in der Verteilung der Wärme während des Jahres, in der Menge von Regen und Schnee die Anhäufung von Eis veranlaßte, die letztere Richtung wird sich mit den allgemeinen Ursachen dieser klimatischen Veränderungen befassen.

Wie das Ziel, so wird auch die Methode in beiden Fällen verschieden sein. Um die klimatischen Veränderungen festzustellen, wird es am besten sein, von einem bestimmten, genau erforschten Gebiete auszugehen und an der Hand der hier erzielten Ergebnisse die weniger genau bekannten Gegenden zu betrachten. Um dagegen die Ursachen der klimatischen Verschiedenheiten zu erforschen, ist es nötig, die Gesamtheit der Erscheinungen auf der ganzen Erde ins Auge zu fassen, da es sich dabei vor allem um die Entscheidung der Frage handelt, ob man es mit einem die ganze Erde oder nur einen Teil derselben umfassenden Phänomen zu thun hat. Diesen letztern Gegenstand zu behandeln, sind wir also hier noch nicht im stande, wohl aber wird uns die Bekanntschaft mit den Glazialerscheinungen Europas eine Antwort auf das erstere Problem gestatten.

In erster Linie widerlegt schon der erste Blick auf die bisher geschilderten Erscheinungen die ältere Annahme, daß durch ganz außerordentlich starke Erniedrigung der Temperatur eine ganz allgemeine Vereisung und der Untergang der Organismen auf der ganzen Nordhemisphäre veranlaßt worden sei. Eine solche Voraussetzung ist mit dem Vorhandensein weiter unvereister Strecken in Mitteleuropa, die von zahlreichen Pflanzen und Tieren bewohnt waren, natürlich unvereinbar. Da also nicht ganz exzessive Verhältnisse vorliegen, so können wir hoffen, durch einen Vergleich mit der Jetztwelt den Betrag der Abweichung von dem heutigen Zustande festzustellen. In der That ist es gelungen, in dieser Richtung wichtige Ergebnisse zu erzielen, und namentlich die neuern Untersuchungen von Penck haben darin einen wesentlichen Fortschritt mit sich gebracht.

Die Gletscherbildung beruht darauf, daß in einem höher gelegenen Gebiete mehr Schnee fällt, als im Laufe des Jahres schmelzen und dann als Wasser abfließen kann; die infolgedessen sich ansammelnden Schneemassen häufen sich an, sie gehen in Firneis, dann in Gletschereis über, und dieses schiebt sich in langsamem Strome, der Abdachung des Landes folgend, nach abwärts, bis es in Gegenden gelangt, in welchen mehr Eis geschmolzen, als von oben nachgeschoben wird. Die Umstände, welche eine Zunahme der Gletscher bewirken können, werden daher verschiedener Art sein; eine Herabminderung der mittlern Jahrestemperatur wird diese Wirkung hervorbringen, aber diese wird auch eintreten, wenn ohne Veränderung der Wärmemenge die Masse der Niederschläge, namentlich des Schnees, zunimmt, ganz besonders, wenn damit eine Verschiebung der Wärmeverteilung auf die Jahreszeiten stattfindet, wenn die Winter milder und die Sommer kühler werden. Welche dieser Ursachen aber auch thätig sein mag, oder ob beide sich kombinieren, jedenfalls werden dieselben nicht nur eine Vergrößerung der Gletscher mit sich bringen, sondern es wird auch die Linie des ewigen Schnees herabgedrückt werden, tiefere Teile der Berggehänge werden im Sommer nicht mehr schneefrei werden. Dieser Punkt ist namentlich für die nähere Untersuchung der hier vorliegenden Fragen von großer Bedeutung, weil es viel leichter ist, aus der Höhe der Schneelinie einen Schluß auf die ehemaligen klimatischen Verhältnisse zu ziehen als aus der Ausdehnung und Mächtigkeit der Vereisung, und wir werden daher der Höhe der Schneelinie während der Eiszeit unsre Aufmerksamkeit zuwenden, wir werden zuerst untersuchen müssen, wie weit während der Eiszeit die Linie des ewigen Schnees an den Gebirgen herabreichte, und dann erst fragen können, welche Ursache dies bewirkte.

Wie Partsch gezeigt hat, ist gerade in denjenigen Gegenden, welche die größte Gletscherentwickelung zeigen, die Bestimmung der Schneelinie eben wegen der außerordentlich starken Entwickelung des Phänomens mit Schwierigkeiten verbunden. Für die Schweizer und Tiroler

Alpen, für Skandinavien, Finnland, Esthland war daher eine derartige Feststellung noch nicht unmittelbar möglich. Dagegen gelang das für eine Reihe andrer Punkte, an welchen die Gletscherentwickelung eine schwächere war.

Nach den Untersuchungen und Zusammenstellungen von Penck kann man in verschiedenen Gebirgen der Erde die Lage der Schneelinie während der Eiszeit annähernd bei folgenden Höhen (in Metern) nachweisen:

Gebirge von Wales	500	Siebenbürgische Alpen	1800
Harzgebirge	700	Pyrenäen	1700
Erzgebirge	1000	Sierra Nevada (Spanien)	2600
Riesengebirge	1150	Thianschan	2300
Nördlicher Schwarzwald	800	Sierra Nevada (Kalifornien)	2600
Südlicher Schwarzwald	950	Naga Hills (Indien)	3000
Vogesen	900	Sierra de Santa Marta (Venezuela)	4000
Schweizer Jura	1050	Kapland	2500
Bayrische Alpen	1300	Neusüdwales	2000
Östliche Alpen	1500	Neuseeland	1000—1200
Hohe Tatra	1500		

Mögen auch diese Angaben durchaus nicht genau sein und namentlich für die außereuropäischen Länder nur den ersten Versuch einer Annäherung darstellen, so ist doch jetzt schon genug sicher, um ein ungefähres Urteil zu gestatten. Man hat auf Karten diejenigen Punkte der Erde, an welchen in der Jetztwelt die Grenze des ewigen Schnees in gleicher Höhe über dem Meere liegt, durch Linien verbunden, welche man als Isochionen bezeichnet, und man konnte wenigstens für Mitteleuropa während der Diluvialzeit Ähnliches versuchen. Wollen wir z. B. die Isochione von 1000 m feststellen, d. h. die Linie aufsuchen, welche die Orte mit einer Schneegrenze von 1000 m über dem Meere verbindet, so erhalten wir einen ersten Anhaltspunkt durch das Riesengebirge, wo die Schneelinie bei 1150 m lag; die Isochione von 1000 m mußte also etwas weiter im Norden gelegen haben, sie erreichte dann das Erzgebirge, ging südlich von Schwarzwald und Vogesen und nördlich vom Schweizer Jura vorüber nach dem mittlern Frankreich und erreichte jedenfalls ziemlich weit nördlich von den Pyrenäen den Atlantischen Ozean, sie zeigte also im ganzen einen von Westsüdwest nach Ostnordost gerichteten Verlauf. Vergleichen wir die Lage der Schneelinie während der Diluvialzeit mit der jetzigen, so finden wir, daß Riesengebirge, Erzgebirge, Schwarzwald, Vogesen, Schweizer Jura damals etwa den heutigen Verhältnissen des mittlern Norwegen, die Alpen in Ober- und Niederösterreich und die Hohe Tatra jenen des südlichen Norwegen entsprachen, während Wales etwa mit der Insel Jan Mayen zwischen Island und Spitzbergen vergleichbar ist.

In erster Linie sehen wir daraus, daß es gar keine so große Abweichungen von den jetzigen Verhältnissen sind, die hier vorliegen; wenn wir für Vogesen, Schwarzwald, Erzgebirge, Riesengebirge und die Westalpen während der Eiszeit die jetzigen Verhältnisse des mittlern Norwegen, für die nordöstlichen Alpen und die Hohe Tatra diejenigen des südlichen Norwegen beanspruchen, so ist das kein so großer Abstand, als man nach der kolossalen Größe der diluvialen Phänomene voraussetzen zu müssen glaubte, und zu einem ganz ähnlichen Resultate gelangen wir, wenn wir den Abstand der heutigen von der damaligen Schneelinie in den einzelnen Gebieten aufsuchen. Allerdings können wir das nur in sehr wenigen Fällen, da jetzt nur sehr wenige Gebirge Europas hoch genug sind, um ewigen Schnee zu tragen, und so kommt es, daß wir nur für die Pyrenäen, die Ostalpen und die Hohe Tatra die nötigen Vergleichspunkte finden. In den Pyrenäen liegt die Schneelinie heute um 1000 m, in den Alpen um 1200, in der Hohen Tatra um 800 m höher als in der Eiszeit; nun weiß man, daß in Mitteleuropa mit je 100 m, die man im

Gebirge emporsteigt, die Temperatur um 0,50° C. fällt, und wenn die Eiszeiterscheinungen nur durch eine Erniedrigung der Temperatur, ohne Vermehrung der Niederschläge, erfolgt wären, so könnte man dieselbe für die Pyrenäen auf 6°, für die Alpen auf 7°, für die Hohe Tatra auf 4,7° C. veranschlagen. Da aber wahrscheinlich die Abnahme der Jahrestemperatur nicht allein auf die damalige Lage der Schneelinie einwirkte, sondern auch die Niederschlagsmenge eine größere war, so sind die Unterschiede gegen die Jetztzeit wahrscheinlich geringer, und eine Abnahme der Wärme um 6° C. im Vergleiche zu jetzt stellt schon den alleräußersten Grad der Kälte dar, den wir für die Eiszeit annehmen können. Es hätte also im äußersten Falle Wien ungefähr die Jahreswärme gehabt, welche heute Petersburg besitzt, Berlin und Leipzig wären um etwa 1° kälter, München etwa mit Hammerfest im nördlichen Norwegen zu vergleichen gewesen. Das sind aber, wie erwähnt, schon extreme Annahmen, und wahrscheinlich war die Temperatur eine etwas höhere.

Betrachten wir die oben erhaltenen Zahlen nochmals, so finden wir, daß die Erniedrigung der Schneelinie nicht überall gleichmäßig war, sondern daß mannigfache Unregelmäßigkeiten vorhanden waren. Immerhin aber erkennt man trotzdem noch die wichtigsten Hauptzüge der heutigen Wärmeverteilung wieder. Das Verhältnis zwischen östlichen und westlichen Alpen war damals dasselbe wie heute, und darin, daß die Schneelinie ganz allgemein unter sonst gleichen Verhältnissen im Osten höher lag als im Westen, haben wir den sichern Beweis, daß der östliche Teil Europas wie jetzt ein mehr kontinentales Klima besaß. Endlich beweist die sehr niedrige Lage der Schneelinie Englands und Schottlands und der umgebenden Inseln, daß auch damals schon unter der Einwirkung des Golfstromes verhältnismäßig milde Winter, kühle Sommer und sehr große Niederschlagsmengen, ein ausgesprochen insulares Klima, jene Gegenden auszeichneten. Wir können also daraus schließen, daß der Golfstrom existierte und annähernd seine jetzige Lage hatte, kurzum, daß die *klimatischen Verhältnisse zwischen den einzelnen Teilen Europas ungefähr dieselben waren wie jetzt*, daß die jetzigen und die damaligen Wärmeverhältnisse eine einheitliche Erscheinung darstellen, innerhalb welcher quantitative Veränderungen eintreten, aber die Grundzüge, welche die Beziehungen der einzelnen Gegenden zu einander regeln, dieselben bleiben.

Ehe wir jedoch diesen Gegenstand verlassen, müssen wir noch die bis jetzt stets gemachte Voraussetzung prüfen, daß die Temperatur während der Eiszeit kälter war als jetzt. Von manchen Forschern wird in der That angenommen, daß lediglich eine gleichmäßigere Verteilung der Wärme über das ganze Jahr in Verbindung mit größerer Regenmenge die Ursache der Vereisung war. Ja, *Witney* nahm an, daß die Eiszeit geradezu eine Periode höherer Temperatur gewesen sein könne, während welcher in den Tropengegenden mehr Wasser verdampfte als jetzt, infolgedessen wäre die Menge der Niederschläge in den gemäßigten und kalten Regionen eine größere und die Vereisung lediglich eine Folge der letztern Erscheinung gewesen.

Es ist viel über die theoretische Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit solcher wenigstens auf den ersten Blick absonderlich aussehender Hypothesen gesprochen worden, jedoch ohne endgültiges Resultat. Hier können nur thatsächliche Beobachtungen eine Entscheidung geben, und wir werden sehen, daß dieselbe nicht so überaus schwierig ist. Es gibt allerdings auch jetzt Länder, in welchen eine starke Vereisung nur unter der Herrschaft einer gleichmäßigen Wärmeverteilung und sehr großer Niederschlagsmengen vorhanden ist. Die auffallendsten Beispiele bietet das Feuerland an der Südspitze von Südamerika und noch mehr die Westküste von Patagonien, wo bei sehr gleichmäßigem und nassem Klima, kaum weiter vom Äquator entfernt als Mitteldeutschland, die Gletscher von den Bergen bis an das Meer herabsteigen. Es wäre ja möglich, daß in der Diluvialzeit in Europa die Vereisung sich unter ähnlichen, noch gesteigerten Verhältnissen vollzogen hätte.

Betrachten wir die landschaftlichen Verhältnisse des Feuerlandes und Westpatagoniens, so finden wir, daß dort überaus üppiger Baumwuchs herrscht, daß fast undurchdringliche Wälder die tiefern Teile der Berge bis an die Grenze des ewigen Schnees bekleiden und die Gletscherzungen mitten zwischen den dichtesten Forsten ihren Weg thalab zurücklegen. Die obere Grenze der Baumregion und die untere Grenze des ewigen Schnees berühren sich hier, eine Alpenregion, ein Höhengürtel grüner Matten, wie er zwischen jenen beiden in Europa vorhanden ist, fehlt dem Feuerlande vollständig. War also während der Eiszeit in Europa die Temperatur wirklich eine milde, und die Gletscherentwickelung wirklich nur durch andre Wärmeverteilung und sehr reiche Niederschläge bedingt, dann müssen wir erwarten, daß damals die obere Grenze des Baumwuchses nicht wesentlich herabgedrückt war, daß die Wälder bis dicht an den Saum des Eises reichten. Finden wir dagegen, daß dies nicht der Fall war, sondern daß eine hochalpine oder nordische Vegetation in der Nähe der Gletscherstirn existierte, dann müssen wir einer Herabsetzung der Temperatur und namentlich der Sommertemperatur den hauptsächlichsten Einfluß zuschreiben.

In Wirklichkeit ist das letztere der Fall. Wir haben oben gesehen, daß namentlich durch die Arbeiten von Nathorst die Vegetation bekannt geworden ist, welche damals in der Nähe des Eises den Boden bedeckte, es sind die Polarweide, die Zwergbirke, Dryas und andre Formen, die noch heute dem hohen Norden und der alpinen Region entweder ausschließlich eigen sind, oder in dieser wenigstens vorkommen. Allein auch abgesehen von diesen Funden, haben wir ganz überzeugende Beweise für die Verbreitung einer alpinen Flora auch in tiefern Regionen in den heutigen Verbreitungsverhältnissen der Gewächse. Es ist bekannt, daß die Vegetation unsrer hochalpinen Gegenden und der Länder im höchsten Norden nicht nur in der allgemeinen Erscheinungsweise große Ähnlichkeit haben, sondern daß auch eine sehr beträchtliche Zahl von Arten beiden gemein ist; dieselben Pflänzchen mit dichtem Rasenpolster, mit großen, kurzgestielten Blüten, wie sie auf den Jochen der Alpen wachsen, überziehen auch während der kurzen Sommermonate die öden Küsten von Spitzbergen, Grönland und Nordsibirien. Diese Gemeinsamkeit der Arten weist darauf hin, daß das Verbreitungsgebiet der Alpenflora mit demjenigen der hochnordischen Pflanzenwelt ehemals in Verbindung stand, so daß zahlreiche Arten ausgetauscht wurden; das konnte offenbar nur während der Eiszeit geschehen, als die Gletscher von den Alpen her bis in die süddeutsche Ebene, von Norden bis an den Rand der mitteldeutschen Gebirge reichten, und wir sehen also daraus, daß damals Alpenvegetation das zwischen beiden gelegene Gebiet wenigstens großenteils bedeckte. Als Reste der damaligen Vegetation sind auch die zahlreichen Kolonien von Alpenpflanzen zurückgeblieben, welche sich bis heute auf den deutschen Mittelgebirgen, auf den Torfmooren Süddeutschlands und bis in die norddeutsche Ebene erhalten haben, wo z. B. in der Nähe von Berlin, bei Französisch-Buchholz, der schöne blaue Frühlingsenzian (Gentiana verna) als ein solches Überbleibsel zu finden ist.

Ebenso weist das Vorkommen hochnordischer oder hochalpiner Tiere in den diluvialen Ablagerungen auf ein kaltes Klima hin. Wenn wir die Reste des grönländischen Renntieres, des nur in den kältesten Ländern lebenden Moschusochsen, des Polarfuchses, des Vielfraßes, des hochnordischen Halsbandlemmings, ferner solche von Gemse und Steinbock in den Ebenen und niedrigern Gebirgen Deutschlands verbreitet sehen, so ist auch das nur durch die Annahme niedrigerer Temperatur erklärlich, für die wir auch in dem Vorkommen nordischer Konchylien in den diluvialen Meeresbildungen der Mittelmeerländer einen Beweis kennen gelernt haben.

Eine andre Frage ist, ob während der Eiszeit erheblich größere Schnee- und Regenmengen in unsern Gegenden niederfielen als heute. Hierauf ist es sehr schwierig, eine bestimmte Antwort zu geben, da wir keine so positiven Anhaltspunkte

zur Entscheidung haben wie bezüglich der Temperatur. Wohl sollte man voraussetzen, daß an den kalten, schneebekleideten und von mächtigen Eisdecken umgebenen Gebirgen die mit Wasserdämpfen beladenen Winde sich stark abkühlen und das Wasser in Form von Schnee und Regen abgeben würden; allein dem konnte auch eine Temperaturerniedrigung und damit eine Verminderung der Verdunstung in der Heimat der Regenwinde gegenüberstehen, wodurch die Niederschlagsmenge für die Eisgebiete wieder vermindert worden wäre. Auch ein zweiter Umstand, den man für die größern Niederschlagsmengen während der Diluvialzeit angeführt hat, die Größe der damaligen Flußthäler, kann keineswegs als entscheidend gelten; wir haben gesehen, daß bloß ein ziemlich beschränkter Teil der Niederschlagsmenge, welche in einer Gegend fällt, im Durchschnitte nur etwa 1/3 oberflächlich abläuft und sofort den Flüssen zueilt, während die übrigen 2/3 in die Tiefe versickern oder verdunsten (s. Bd. I, S. 369 und 370). Anders aber verhielt es sich während der Diluvialzeit in den vereisten Gebieten; infolge der niedrigern Temperatur war die Verdunstung eine geringe, und auch in den Boden konnte nur sehr wenig versinken, weil der größere Teil der Niederschläge als Schnee herabkam und auch der Regen von dem die Oberfläche bedeckenden Schnee und Eise aufgesogen wurde, und so sehen wir, daß die dem Landeise an seinem Rande entströmenden Schmelzwasser viel größere Flüsse erzeugen mußten, als heute dasselbe Gebiet bei gleich bleibender Niederschlagsmenge entsendet.

Nur der eine Umstand, daß in den Gegenden südlich von dem alpinen Inlandeise allem Anscheine nach feuchteres Klima herrschte als jetzt, läßt darauf schließen, daß auch in den vereisten Ländern etwas Ähnliches der Fall war, jedenfalls aber müssen wir den Haupteinfluß auf die gewaltige Gletscherbildung einer Temperaturerniedrigung zuschreiben.

Wie über die klimatischen Verhältnisse, so gibt uns noch über eine zweite Frage die Betrachtung der Schneelinie in der diluvialen Zeit Aufschluß. Es wurde oben hervorgehoben, daß, abgesehen von dem Rilogebirge, nach den bisherigen Erfahrungen den Gebirgen der Balkanhalbinsel die Gletscher fehlten oder wenigstens zu schwach entwickelt waren, um deutliche Spuren zu hinterlassen. Wenn wir nun berücksichtigen, daß die damaligen klimatischen Zustände wesentlich eine durch größere Kälte hervorgebrachte Modifikation der jetzigen waren, so werden wir es begreiflich finden, daß in diesen heute trocknen, regenarmen und heißen Gebieten auch damals die Schneelinie sehr hoch lag. Wir haben gesehen, daß diese ganz allgemein gegen Osten und natürlich auch gegen Süden hinaufrückt, und so werden wir für diese südöstlichen Gebiete unsers Erdteiles die höchste Lage der Schneelinie zu erwarten haben. Schon in den Siebenbürgischen Alpen lag dieselbe bei 1800 m, und es kann uns daher durchaus nicht wundern, daß im südlichen Teile der Balkanhalbinsel, selbst an dem höchsten Gebirge, dem thessalischen Olymp, keine Gletscherspuren vorhanden sind. Daß übrigens auch in Südeuropa eine Temperaturerniedrigung stattgefunden hat, beweist das Vorkommen nordischer Tiere in den Mittelmeerländern, z. B. des Vielfraßes in Dalmatien und des Renntieres im südlichen Frankreich, und das Auftreten nordischer Konchylien in den Meeresablagerungen von Italien, Sizilien und Rhodos.

Wir können demnach als das Resultat der bisherigen Betrachtung hinstellen, daß zur Diluvialzeit in ganz Europa eine Abkühlung erfolgte, die wahrscheinlich nicht sehr groß war und den Betrag von 6° C. gegenüber der heutigen Temperatur als alleräußerstes Maximum in keinem Falle überstieg.

Es gilt das für den Höhepunkt der Eiszeit. Während des Rückzuges der Gletscher wird dagegen schon eine erhebliche Steigerung der Temperatur stattgefunden haben, noch höher war dieselbe während andrer Abschnitte der Quartärperiode, und es knüpft sich hier naturgemäß die Frage an, wie die klimatischen Verhältnisse hier waren. In erster Linie wenden wir uns jener ersten Phase zu, welche der Kälteperiode voranging, und deren Pflanzen-

und Tierbevölkerung wir oben besprochen haben. Wollten wir hier uns vorwiegend von den Säugetieren leiten lassen, so müßten wir unbedingt auf ein heißes, tropisches oder subtropisches Klima schließen. Elefant, Rhinozeros, Flußpferd, Hyäne, Löwe geben entschieden ein derartiges Gepräge, wobei allerdings zu bemerken ist, daß auch der Vielfraß schon mit diesen Formen zusammen vorkommt. Im allgemeinen aber werden wir nach den Thatsachen, die wir früher über die Verbreitung der diluvialen Säugetiere kennen gelernt haben, gerade auf das Vorkommen der großen Pflanzenfresser und Raubtiere nur sehr geringen Wert legen und uns der Wahrnehmung nicht entschlagen können, daß gerade diese auffallendsten Typen sich den verschiedensten Temperaturverhältnissen anbequemen können und daher für die Beurteilung dieser von sehr geringem Werte sind.

Von viel größerer Bedeutung erscheinen in dieser Beziehung jedenfalls die Pflanzen und die Land- und Süßwasserkonchylien, wenn wir die Möglichkeit einer Anpassung an abweichendes Klima auch hier trotz der Kürze der Zeit nicht als ganz ausgeschlossen betrachten können. Die Konchylien des Forest-bed sind von Sandberger sehr genau untersucht worden, und nach den von ihm mitgeteilten Listen müßten wir wohl auf ein unbedeutend wärmeres Klima schließen, als wir es heute in England finden; und auch die Flora der präglazialen Ablagerungen in Norddeutschland läßt eher eine etwas höhere Temperatur als die heutige erwarten.

Schwieriger, aber auch von ungleich größerer Wichtigkeit ist die Frage nach den Verhältnissen jener Zeit, in welcher der große Rückzug der Gletscher zwischen der ersten und zweiten Vereisung stattfand, während der Ablagerung der interglazialen Bildungen. Wir haben gesehen, daß sich damals die alpinen Gletscher aus dem Vorlande und bis weit ins Innere des Gebirges zurückgezogen haben, daß der Inngletscher z. B. bis oberhalb Innsbruck abschmolz, daß ganz Norddeutschland und das südliche Schweden eisfrei waren und ähnliche Verhältnisse auch in England Platz griffen. Die Frage nun, ob das Eis so weit einschrumpfte, wie das z. B. heute der Fall ist, oder ob eine so gewaltige Abnahme nicht stattfand, ob die Temperatur niedriger oder dieselbe war wie heute, und welche Dauer diese Interglazialzeit hatte, ist von großer Bedeutung. Dieser Gegenstand ist sehr viel besprochen, und namentlich ist darüber gestritten worden, ob man es nur mit Schwankungen einer Eiszeit oder mit zwei verschiedenen Eiszeiten zu thun habe. Eine Verständigung hierüber ist bisher um so weniger erfolgt, als man sich vielfach zu sehr an diese vieldeutigen Schlagworte klammerte. Daß man einen Vorgang, bei welchem ganz Norddeutschland, das Gebiet der Nord- und Ostsee, das südliche Schweden, das ganze Vorland der Alpen und der untere Teil der großen Alpenthäler frei wurden und überhaupt die größere Hälfte des Eises abschmolz, nicht eine geringfügige Schwankung nennen kann, darüber kann wohl nicht der mindeste Zweifel herrschen. Für ein weiter gehendes Urteil ist in erster Linie eine genauere Kenntnis der Thatsachen notwendig, als sie uns heute zu Gebote steht: wir wissen, daß bei Innsbruck kein Gletscher und daß Schonen eisfrei war; wie weit aber dieser Rückzug ging, ob der weitaus größte Teil von Skandinavien ebenfalls die kalte Hülle abstreifte oder nicht, ob die alpinen Gletscher sich ganz auf den Hintergrund der Thäler beschränkten wie jetzt, oder ob größere Alpenthäler, wie das Zillerthal, das Ötzthal, das obere Wallis rc., große Eisströme behielten, das ist durch unmittelbare Beobachtung nicht festgestellt, und solange das nicht der Fall ist, können wir kein endgültiges Urteil fällen. Ein positiver Beweis für einen Rückgang des Eises bis zu dem Stande, den es jetzt hat, fehlt gänzlich; aber auch das Gegenteil steht noch nicht unumstößlich fest.

Die Betrachtung der interglazialen Tier- und Pflanzenwelt liefert uns für den Mangel unmittelbarer Beobachtung nur einen dürftigen Ersatz. Die Reste aus Norddeutschland und aus dem Vorlande der Alpen zeigen jedenfalls, daß kein sehr rauhes Klima herrschte, und

daß der Unterschied gegen heute kein sehr großer gewesen sein kann. Pflanzen aus den Schieferkohlen der Schweiz machen es wahrscheinlich, daß die Temperatur etwas niedriger war als heute, wie aus dem häufigen Vorkommen der Legföhre geschlossen werden kann, weiter aber reicht unser Urteil nicht. Jedenfalls aber wird bei einer 1—1,5° kältern Temperatur die Ausdehnung des Eises sehr viel größer gewesen sein als heute; wir wissen, wie bedeutende Veränderungen in den letzten Jahrzehnten an den Gletschern der Alpen vor sich gegangen sind, ohne daß eine Temperaturänderung nachweisbar gewesen wäre, und um so mehr muß unter jenen Verhältnissen die Ausdehnung eine immerhin noch sehr ansehnliche gewesen sein.

Wenn also auch eine sichere Entscheidung nicht möglich ist, so bleibt die wahrscheinlichste Annahme doch die, daß die Interglazialzeit unbedeutend kühler war und eine Abschmelzung bis zu einem Stande, wie er heute besteht, nicht stattfand. Wir können uns daher auch nicht für die Ansicht aussprechen, daß wir uns auch jetzt nur in einer Interglazialzeit befinden, und daß in einer Anzahl von Jahrtausenden das Eis wieder zu seiner ehemaligen Größe anwachsen und die größere Hälfte von Europa vereisen werde. Daß ein derartiges Ereignis auch für die Zukunft nicht außerhalb des Bereiches der Möglichkeit liegt, da es früher da war, ist selbstverständlich, nur darf man nicht aus den vorhandenen Beobachtungen auf eine regelmäßige Wiederkehr, etwa in bestimmten Perioden, schließen wollen; damit greift man weit über den Bereich des Bewiesenen oder auch nur Wahrscheinlichen hinaus. Wir werden übrigens später, wenn wir uns mit den Ursachen der Abkühlung während der Eiszeit beschäftigen, diese Frage noch eingehender besprechen müssen.

Kehren wir zu unsrer ursprünglichen Frage zurück, ob zwei Eiszeiten oder nur Schwankungen innerhalb einer und derselben Eiszeit stattgefunden haben, so muß die Antwort dahin lauten, daß es Geschmackssache ist, ob man den einen oder den andern Ausdruck wählen will. Das thatsächliche Verhältnis ist, daß aller Wahrscheinlichkeit nach zwischen zwei wärmern Perioden, zwischen der Präglazialzeit und der Jetztzeit, ein Abschnitt mit niedriger Temperatur lag, während dessen trotz großer Schwankungen das Klima immer kälter blieb als heute, und es ist aller Grund zu der Annahme vorhanden, daß wir es mit einer abgeschlossenen Episode zu thun haben. Wer auf diesen Gesichtspunkt größern Wert legt, wird von einer einzigen Eiszeit sprechen, innerhalb welcher eine große Schwankung stattfand. Anderseits sehen wir, daß zwischen zwei Perioden der Vereisung ein starker Rückzug der Gletscher stattfand, daß das Landeis während dieser Zeit weit über die Hälfte seiner Masse verlor, und daß dieser Zustand durch lange Zeit andauerte. Wer diese Seite mehr hervorheben will und für wichtiger findet, der nimmt zwei Eiszeiten und eine dazwischenliegende Interglazialzeit an, dem Wesen nach ist es gleichgültig, sobald nur die Thatsachen richtig festgestellt sind.

Sehr große Schwierigkeiten bietet die Aufgabe, für diejenigen Gegenden, in welchen keine Vereisung stattgefunden hat, den Gang der Temperatur festzustellen, weil es hier an leicht kenntlichen Horizonten fehlt, wie sie z. B. der Geschiebelehm darstellt, und es ist nicht möglich, eine genaue Parallele mit den ehemals vergletscherten Bezirken zu ziehen. Wo nordische Tiere in größerer Zahl vorkommen, wird man mit vieler Wahrscheinlichkeit schließen können, daß die Ablagerungen der Eiszeit entstammen. Wenn wir ferner z. B. bei Mosbach nächst Wiesbaden Elephas antiquus mit einer zahlreichen, nicht ausgesprochen nordischen Säugetiergesellschaft und mit Landschnecken finden, die auf ein etwas rauheres Klima deuten, als es heute herrscht, so werden wir die naturgemäße Folgerung in Beziehung auf die Temperatur daraus ziehen können, daß diese Bildungen wahrscheinlich zeitlich der Interglazialperiode entsprechen. Im allgemeinen können wir wohl annehmen, daß in den von Gletschern nicht erreichten Gebieten die Temperatur einen ähnlichen Gang eingeschlagen habe wie in den vereisten, wir können auch eine Anzahl von Belegen für diese Annahme beibringen, aber wir können die Veränderungen nicht in ihren Einzelheiten verfolgen.

Nur auf einen Punkt müssen wir hier etwas näher eingehen, nämlich auf die klimatischen Verhältnisse, welche die Existenz einer Steppenfauna in Europa ermöglichten. Wir haben gesehen, daß der größte Teil des Löß, der mutmaßlichen Hauptablagerung der Steppen, aller Wahrscheinlichkeit nach zeitlich der zweiten Vereisung Nordeuropas entspricht, und wir müssen erwägen, ob das Vorhandensein von trocknen Landstrichen in der Nähe der Gletscher möglich war. In der That konnte ein solches Verhältnis sehr wohl eintreten; die mit Feuchtigkeit beladenen, regenbringenden Winde mußten, ehe sie das mitteleuropäische Lößgebiet erreichten, die großen vereisten Gebiete überschreiten; sie wurden hier stark abgekühlt und gaben infolgedessen ihr Wasser als Regen oder Schnee ab und gelangten daher als trockne Luftströme in die unvereisten Gebiete, in welchen nun Trockenheit herrschte und eine Steppenbevölkerung sich ansiedeln konnte.

Das außereuropäische Diluvium.

Wir müssen wenigstens in flüchtigen Zügen die Entwickelung des Diluvium außerhalb Europa kennen lernen, wobei wir uns allerdings auf die Hervorhebung der wichtigsten und auffallendsten Erscheinungen beschränken. Wir haben schon oben gesehen, daß die ungeheuern Räume Sibiriens die Reste einer mit der nordeuropäischen übereinstimmenden Diluvialfauna enthalten, welche oft in ganz außerordentlicher Menge und ausgezeichneter Erhaltung vorkommen. Aber nicht in jeder Beziehung herrschte Übereinstimmung, im Gegenteile, wir finden einen sehr großen und bedeutenden Unterschied darin, daß dem nördlichen Asien die zusammenhängenden Massen von Landeis fehlen, welche den Norden unsers Erdteiles bedeckten; die flachen Tiefebenen Sibiriens waren für die Erzeugung von Gletschern nicht geeignet, an Stelle der Moränen und Geschiebelehme finden wir hier den bekannten diluvialen Eisboden, welcher die wohlerhaltenen Leichen von Elefanten und Nashörnern liefert. Ganz ohne Gletscherentwickelung, wie man in der Regel glaubte, ist jedoch Sibirien nicht, es fanden sich, wie namentlich aus den Untersuchungen von Krapotkin hervorgeht, in den gebirgigen Teilen des Ostens, zwischen dem Baikalsee und dem Ochotskischen Meere, deutliche Spuren von Vereisung. Dagegen wird ausdrücklich hervorgehoben, daß solche dem Altaigebirge trotz seiner bedeutenden Höhe fehlen, eine Erscheinung, die wohl dem hervorragend kontinentalen Klima und der sehr geringen Menge der Niederschläge zuzuschreiben ist.

Sichere Nachrichten über die ehemalige größere Ausdehnung der Gletscher haben wir dagegen aus dem Kaukasus, dem Thianschan, dem Himalaja, während die Angaben von ehemaliger Vereisung des Libanon, dessen Zedern auf einer alten Moräne stehen sollen, noch sehr zweifelhaft sind. Von andern Diluvialablagerungen Asiens sind die schon öfter erwähnten überaus mächtigen Lößbildungen Chinas zu nennen, während in den tropischen Regionen in außerordentlicher Verbreitung Laterit auftritt (s. Bd. I, S. 406).

Auch im tropischen Afrika sind der Laterit und in Verbindung damit Raseneisensteinbildungen außerordentlich verbreitet, während in den Gebirgen des Kaplandes und der angrenzenden Länder entschiedene Spuren weit ausgebreiteter Gletscher erwähnt werden. Über die diluvialen Tiere der äthiopischen Region wissen wir leider fast nichts, nur aus den der mittelländischen Entwickelung angehörigen Ablagerungen Algeriens werden solche citiert.

Wichtiger als diese Vorkommnisse ist die Frage nach dem Zustande Nordafrikas und namentlich der Sahara. Bekanntlich ist die Ansicht aufgestellt worden, daß das große Wüstengebiet während der Diluvialzeit vom Meere bedeckt war, ja man hat sogar angenommen, daß dadurch das Klima Europas feuchter und kühler geworden und die große Vereisung eingetreten sei. Die Hypothese von dem Saharameere wurzelt wohl ursprünglich

in der lange verbreiteten irrigen Ansicht von der Beschaffenheit der Wüste; man glaubte, daß diese der Hauptsache nach eine muldenförmige Einsenkung darstellt, deren Niveau größtenteils tiefer liegt als der Meeresspiegel, und deren Oberfläche ganz mit Sandmassen bedeckt ist. Bekanntlich ist es eins der wichtigsten Resultate der Forschungsreisen in der Sahara, diese falsche Vorstellung berichtigt zu haben; nur ganz beschränkte Striche in der Nähe der Nordküste liegen tiefer als das Meer, weitaus der größte Teil der Wüste ist ein ziemlich hoch gelegenes Terrassenland, in welchem überdies einige hohe Gebirge aufragen, und die Verbreitung des Flugsandes ist bei weitem keine so allgemeine, als man in der Regel angenommen hat (s. Bd. I, S. 531—537). Überdies fehlen im Innern der Sahara alle Anzeichen einer jungen Meeresbedeckung, keine Strandlinien, keine diluvialen Ablagerungen mit marinen Tierresten treten auf, und so hat sich denn die große Mehrzahl der Geologen davon überzeugt, daß ein diluviales Saharameer nicht existierte, und daß höchstens ganz beschränkte Gebiete im Norden, z. B. das Schottgebiet südlich von Tunis, vielleicht unter Wasser standen[1].

Dagegen haben wir deutliche Anzeichen, daß die klimatischen Verhältnisse der Sahara von den jetzigen sehr verschieden waren. Schon eine der verbreitetsten und charakteristischsten Erscheinungen, das Auftreten der zahllosen Trockenthäler oder Wadi in heute durchaus wasserlosen Gegenden, beweist, daß früher hier reichlichere Niederschläge vorhanden waren, denn diese Rinnen müssen durch fließendes Wasser ausgetieft sein. Dasselbe beweist uns das Vorkommen von Tropfsteinhöhlen und Kalktuffen im Gebiete der Wüste, und die Auffindung eines Blattes einer immergrünen Eiche in dem Tuffe durch Zittel zeigt, daß hier eine Baumvegetation vorhanden war, wie sie in den feuchtern Gegenden der Mittelmeerländer noch jetzt herrscht. Offenbar war damals ein kühleres und regenreicheres Klima in der Sahara, die zum großen Teile mit Wald bedeckt gewesen sein mag, und wir können mit Sicherheit die Epoche, während welcher dies der Fall war, als gleichzeitig mit der Vereisung Europas bezeichnen.

Außerordentlich bemerkenswert sind die Diluvialablagerungen Nordamerikas, ebensosehr wegen der außerordentlich entwickelten Glazialphänomene als wegen der seltsamen Fauna, welche damals die Neue Welt bewohnte. Wir haben in dem großen nordeuropäischen Landeise allerdings eine Erscheinung von einer Großartigkeit kennen gelernt, die Staunen erregen muß, aber trotzdem wird dieselbe noch bei weitem von dem übertroffen, was wir in Amerika kennen lernen. In Nordamerika war namentlich das östliche Gebiet am Atlantischen Ozeane vergletschert, und hier erstreckte sich das Eis bis zum 39.° nördlicher Breite, also etwa bis in die Breite von Lissabon, mehr als 1000 km weiter nach Süden als das große nordeuropäische Landeis.

Die Unzugänglichkeit des nördlichen Teiles von Nordamerika hat natürlich eine sehr eingehende Untersuchung des gesamten Glazialgebietes unmöglich gemacht, aber über die südlichen Gebiete liegen sehr eingehende Arbeiten vor, und wenigstens in den wichtigsten Hauptzügen ist es möglich, auch den Umfang der vereisten Fläche anzugeben, wenn auch über einige wichtige Punkte noch nicht vollständige Klarheit herrscht. Die südliche Grenze des diluvialen Eisgebietes liegt am Atlantischen Ozeane in der Gegend von New York, ist dann gegen Norden stark eingebuchtet und verläuft, später wieder stark südlich vorspringend, bis zum 39.° nördlicher Breite, durch den südlichen Teil von Pennsylvanien, Ohio, Indiana, Illinois, Missouri und Kansas, wobei sie den äußersten Punkt gegen Süden in der Gabel zwischen Ohiostrom und Mississippi erreicht. Von Kansas aus wendet sich diese

[1] Die in neuester Zeit aus dem Nilthale angeführte angebliche Diluvialfauna, welche den Ausläufer des Saharameeres darstellen soll, ist bestimmt pliocänen Alters, und es ist keinerlei Beweis für deren weitere Ausbreitung nach Westen vorhanden.

Linie dann nach Norden und verläuft etwas westlich von der Westgrenze der Staaten Jowa und Minnesota nach Kanada, wo sie weiterhin etwas westlich vom Winnipegsee liegt. Der fernere Verlauf der Südgrenze des Eises ist noch nicht sicher festgestellt, doch ist es wahrscheinlich, daß dieselbe sich nördlich vom Winnipegsee wieder nach Westen wendet und die nördliche Fortsetzung der Rocky Mountains erreicht; diese selbst sind großenteils vereist, und ihnen entlang reichten die Gletscher in einer schmalen Zone nach Süden etwa bis zum 40.°, und dasselbe war weiter westlich im Kaskadengebirge und in der Sierra Nevada der Fall, während das große Becken zwischen beiden eisfrei blieb und nur auf seinen höhern Gebirgen Gletscher trug. Ob die Vereisung der Rocky Mountains und des Kaskadengebirges mit dem großen nordischen Eise zusammenhing, ist noch nicht festgestellt, doch ist die Annahme ziemlich wahrscheinlich.

Nördlich von der geschilderten Linie war das ganze amerikanische Festland vereist, nur der alleräußerste Nordwesten, der nördlichste Teil des ehemals russischen Nordamerika, hatte keine Gletscher, sondern hier treffen wir wie in den sibirischen Ebenen den gefrornen Eisboden; ja, an der Eschscholtzbai treten mächtige Massen von Wassereis auf, welche sich seit der Diluvialzeit hier erhalten haben; dieselben sind terrassiert und werden von einer Thonschicht mit Mammutresten überlagert. Alle übrigen Teile des polaren Nordamerika waren vergletschert, und die Berichte der kühnen Reisenden, welche die „barren grounds“ besucht und erforscht haben, geben ein überaus anschauliches Bild dieser unbeschreiblich öden und unwirtlichen Rundhöckerlandschaft, deren nacktes Gestein, nur von wenigen fahlen und blaßgrünen Flechten bekleidet, einem während stürmischer Erregung plötzlich erstarrten Meere gleicht. Auch die Inseln des Polararchipels und das noch heute in diesem Zustande befindliche Grönland waren vereist, ja nach allen Analogien müssen wir annehmen, daß auch die weite Fläche der Hudsonbai und das Meer zwischen jenen Inseln ebenso wie in Europa Nordsee und Ostsee vom Eise ausgefüllt waren, während dies für die Davisstraße zwischen Grönland und Labrador ihrer Tiefe wegen (Maximum fast 2000 Faden) wenig wahrscheinlich ist.

Von der nordischen Region aus erstreckte sich das Eis bis zu der angegebenen Linie nach Süden und bedeckte weitaus den größten Teil von Britisch-Nordamerika und ein bedeutendes Stück der Vereinigten Staaten. In diesen südlichen Gebieten kennt man auch die Reihenfolge und Beschaffenheit der glazialen Ablagerungen sehr genau, und man findet, daß dieselben, abgesehen von der viel großartigern Entwickelung des Phänomens, ganz überraschende Ähnlichkeit mit den Vorkommnissen in Europa zeigen. An zahllosen Stellen sieht man die Felsoberflächen geglättet und geschrammt, und die Richtung der Schrammungslinien ergibt für die atlantische Region ein fächerförmiges Ausstrahlen des Eises von einem Zentrum, das der großen kanadischen Wasserscheide zwischen Hudsonbai und Lorenzstrom nördlich von Montreal entspricht. Die Mächtigkeit des Eises muß eine ganz enorme gewesen sein; an der Nordseite von Mount Washington, der höchsten Spitze der Weißen Berge (White Mountains) in New Hampshire, reichen die Glazialablagerungen bis zu einer Höhe von 1770 m und zu 1330 m auf Mount Mansfield, dem Hauptgipfel der Grünen Berge (Green Mountains) in Vermont, und natürlich war dessen Stand an dem 700 km weiter nördlich gelegenen Zentrum der Vereisung noch bedeutend höher.

Die glazialen Ablagerungen nehmen von Norden nach Süden an Mächtigkeit ab; ihr wesentlichster Bestandteil ist Geschiebelehm, mit dem geschichtete Gerölle und Sandlagen in Verbindung stehen; auch in Amerika kann man zwei verschiedene Horizonte des Lehmes unterscheiden, welche durch zuerst von Newberry beobachtete interglaziale Bildungen voneinander getrennt sind. Im östlichen Teile der Vereinigten Staaten wird die südliche Grenze der Vereisung durch eine höchst eigentümliche Anhäufung von glazialem Materiale, durch die große Endmoräne der amerikanischen Geologen, bezeichnet. Es ist das ein langgestreckter

Zug unregelmäßiger Hügel, deren oberer Teil aus geschichtetem Sande und Gerölle, deren unterer aus Geschiebelehm besteht; häufig laufen zwei solche Züge annähernd parallel, um sich dann wieder zu vereinigen. Abgestumpfte Kegel, gerundete Rücken, unregelmäßige Ketten sind wirr gruppiert, und zwischen denselben liegen eingesenkte Becken. Wo zwei solche Züge vorhanden sind, ist jeder etwa 15—18 km breit, und beide sind durch eine 35—40 km breite Niederung voneinander getrennt; im allgemeinen erinnert die Schilderung dieser Gebilde an den äußern Kranz der unverwaschenen Moränenzone am Rande der Alpen, und wenn auch in vielen Punkten wesentliche Unterschiede vorhanden sind und das Ganze in Amerika in ungleich großartigerm Maßstabe entwickelt ist, so kann man sich doch kaum der Ansicht verschließen, daß beide in ähnlicher Weise entstanden seien.

Weiter im Westen, im Staate Ohio, verläßt diese sogenannte Endmoräne die südliche Grenze des damals vereisten Terrains, sie verläuft nun viel weiter nördlich, wobei sie eine größere Anzahl zungenförmig vorspringender Räume umschließt, den Betten der alten Hauptgletscherströme entsprechend, welche durch ihren Zusammentritt das große Landeis bilden. Auf diese Weise kann man dem Moränenzuge in seinem sehr unregelmäßigen Verlaufe auf ungeheure Strecken folgen, wie das namentlich durch Chamberlin geschehen ist. Man kennt jetzt seine Lage von der atlantischen Küste bis nach Dakota und an die Grenze zwischen den Vereinigten Staaten und den britischen Besitzungen und innerhalb dieser noch auf etwa 750 km, dann verliert sich seine Spur in unerforschtem Lande, aber es ist kein Grund für die Annahme vorhanden, daß er nicht noch bedeutend weiter reichen sollte. Immerhin ist jetzt diese große Endmoräne, welche wohl mit Recht als diejenige der zweiten Vereisung angesehen wird, über eine Erstreckung nachgewiesen, welche etwa zwei Drittel der ganzen Breite des nordamerikanischen Festlandes beträgt, eine wunderbare Großartigkeit, mit der sich keins der verwandten Gebilde in Europa irgendwie messen kann. Außer der großen nördlichen Eismasse finden wir noch eine Anzahl kleinerer Lokalgletscher, so in den Alleghanies, den Unakabergen zwischen Tennessee und Nordcarolina ꝛc. Ein jüngeres Glied der nordamerikanischen Diluvialablagerungen bilden mächtige geschichtete Sande, Gerölle, Thone ꝛc., deren Entstehung bald der umlagernden Thätigkeit der Wasser zugeschrieben wird, welche dem abschmelzenden Eise entströmten, bald mit einer regenreichen Periode in Verbindung gebracht werden, welche nach der Eiszeit eingetreten sein soll. Zahlreiche Flußterrassen zeugen deutlich von den großen Veränderungen, die damals in dem Laufe der Wasser vor sich gingen, und gleichzeitig fand ein ziemlich starkes Übergreifen des Meeres statt, in ähnlicher Weise, wie das in Europa in Skandinavien und Schottland der Fall ist; auch die Fauna, welche in den Ablagerungen dieses Meeres auftritt, hat viele Beziehungen zu derjenigen der Yoldienthone Europas. Sehr interessant ist dabei die Bemerkung, daß diese jungen Meeresbildungen um so mehr ansteigen, je mehr man sich nach Norden wendet. Im südlichen Teile von Neuengland reichen sie bis zu 3—8 m über dem jetzigen Meeresspiegel, auf der Insel Nantucket, südlich von Boston, zu 27 m, bei Point Stirley nächst Boston zu 30 m; an der Küste von Maine steigen sie zu 65 m, am Champlainsee über 100 m, und an den Ufern des Lorenzstromes bei Montreal finden sie sich in etwa 140 m und reichen von hier bis in das Becken des Ontariosees. Noch etwas höher liegen sie an der Küste von Labrador, und im höchsten Norden, an der Barrowstraße, auf der Cornwallis- und Beechey-Insel, stehen sie noch bei mehr als 300 m Höhe an.

Man bezeichnet die geschichteten Ablagerungen der jüngern Diluvialzeit in Amerika nach ihrer außerordentlichen Entwickelung in der Nähe des Champlainsees als die Champlainformation, und wir können diese mit den postglazialen Bildungen Europas vergleichen. Überhaupt sehen wir in dem vereisten Teile von Nordamerika eine wunderbare Übereinstimmung mit unsern Vorkommnissen; hier wie dort finden wir als wesentlichste

Erscheinung zweimalige Vereisung des Landes, beide durch eine interglaziale Zeit voneinander geschieden, und von denen die zweite schwächer ist als die erste; auch alle Folgeerscheinungen zeigen die auffallendste Ähnlichkeit. Diese Thatsache ist von sehr großer Bedeutung, denn sie zeigt uns, daß man es nicht mit örtlichen Änderungen zu thun hat, sondern mit großen, allgemeinen Erscheinungen, von denen wir erwarten dürfen, daß sie die ganze Erde betreffen. Ein andrer Punkt von hervorragender Wichtigkeit ist der Verlauf der Südgrenze der Vereisung; wir sehen dieselbe im östlichen Teile von Amerika weit nach Süden herabsteigen, dann wendet sie sich plötzlich steil nach Norden, um im fernen Westen entlang den höchsten Gebirgen sich wieder nach Süden zu ziehen, ohne daß hier eine Vergletscherung der Niederungen stattgefunden hätte wie in der atlantischen Region. Dieser auffallende Gegensatz zwischen den Verhältnissen des Ostens und jenen der Mitte und des Westens bedarf einer Erklärung, und diese findet sich in sehr einfacher Weise, wenn wir die klimatischen Bedingungen in der Jetztzeit ins Auge fassen. Der Osten ist reich an Niederschlägen, während das Zentrum und der Westen trocken sind; New York an der Ostküste hat 120 cm Regen jährlich, Cincinnati am Ohio 112, St. Louis nahe dem Zusammenflusse von Mississippi und Missouri 95 cm, während in dem großen Becken zwischen Wahsatchgebirge und Sierra Nevada die Menge der Niederschläge etwa 33—40, in San Francisco 60 cm beträgt. Offenbar bestanden in Amerika ebenso, wie wir es in Europa gesehen haben, die klimatischen Verhältnisse während der Eiszeit nur in einer Steigerung der jetzt herrschenden, die jetzt regenarmen Gebiete in der Mitte und im Westen erhielten damals zwar mehr Niederschläge als jetzt, aber sie blieben doch regenärmer als die östlichen, und so erklärt sich auch vollkommen, warum in den erstern die Vereisung viel weniger weit nach Süden reichte.

Dieser enge Zusammenhang zwischen dem heutigen und dem diluvialen Klima zeigt sich in noch weit auffallenderer Weise in einer höchst seltsamen Erscheinung, über welche die amerikanischen Geologen berichten. Mitten in dem ehemals vereisten Gebiete liegt südlich vom Obern See in Wisconsin eine etwa 350 km lange und an der breitesten Stelle 180 km breite Strecke, in welcher jede Spur von Geschiebelehm und irgend welcher Andeutung einer Vergletscherung fehlt; diese driftlose Area, wie sie genannt wird, scheint allen Anhaltspunkten nach nicht vom Eise bedeckt gewesen zu sein. Das Gebiet ist heute durch große Regenarmut ausgezeichnet, und die winterlichen Niederschläge betragen sogar nur 6—12 cm, und eine ähnliche Ausnahmestellung hat dasselbe auch während der Diluvialzeit eingenommen; infolgedessen fand sich hier mitten in der ungeheuern Gletscherwüste eine eisfreie Oase etwa von der Ausdehnung der preußischen Rheinlande, eine Einsenkung mitten in dem endlosen Eisplateau, von diesem um mehr als 1000 m überragt. Dieser Gedanke ist so sonderbar und befremdend, daß man sich zu dessen Annahme kaum entschließen kann, und doch liegen die Thatsachen nach den Beobachtungen ausgezeichneter Forscher in so klarer Weise vor, daß ein Zweifel an der Richtigkeit nicht zulässig erscheint.

Unter den diluvialen Ablagerungen des großen unvereisten Gebietes von Nordamerika sind jedenfalls am wichtigsten die goldführenden Schottermassen der westlichen Staaten, welche dem Weltmarkte so außerordentliche Mengen des kostbaren Metalles zugeführt haben; wir gehen jedoch hier nicht näher auf deren Schilderung ein, da sie später bei Besprechung des Vorkommens nutzbarer Mineralien genauer geschildert werden sollen.

Wir wollen uns nur noch mit einer der quartären Bildungen Nordamerikas befassen, mit den umfangreichen Seen, welche sich damals in dem Großen Becken befanden, dem Gebiete ohne Abfluß nach dem Meere östlich von der kalifornischen Sierra Nevada, welches an Ausdehnung Frankreich übertrifft. Es ist das ein dürres, vegetationsloses Land, zum größten Teile Wüste, von mehreren nordsüdlich streichenden Gebirgen, der Humboldtkette rc.,

durchzogen; die Flüsse des Gebietes sammeln sich teils in abflußlosen Salzseen, teils bilden sie nur in der nassen Jahreszeit, ja oft nur für wenige Tage nach starken Regenschauern Wasserflächen, und manche versickern und verdunsten einfach in ihrem Verlaufe.

In der Diluvialzeit war das anders, die Niederschläge waren stärker, die Verdunstung geringer, und so bildete sich eine größere Zahl von Seen, welche zum Teile sehr bedeutenden Umfang erreichten. Weitaus die wichtigsten unter ihnen haben von den amerikanischen Geologen die Namen Bonnevillesee und Lahontansee erhalten. Der erstere liegt am Ostrande des Beckens am Fuße des Wahsatchgebirges und bedeckte ein Areal, das etwa zwei Drittel des Königreiches Bayern betragen mochte; heute ist er bedeutend eingeschrumpft, der Überrest des ehemaligen Bonneville ist der berühmte große Salzsee der Mormonen in Utah, dessen Oberfläche noch 15,000 qkm beträgt. Der Bonnevillesee enthielt mehrere große Inseln und war durch weit einspringende Halbinseln zerlappt, so daß einzelne dieser Buchten ziemlich selbständig erscheinen. Lahontan liegt dem Bonneville gerade gegenüber an der Westseite des Beckens, er ist erheblich kleiner, aber immerhin noch von sehr bedeutendem Umfange, und außerdem sind noch 19 geringere diluviale Seen erkannt worden, welche heute entweder ausgetrocknet, oder stark eingeschrumpft sind. Über die beiden großen Wasserbecken liegen nähere Berichte von Gilbert, King und Russell vor, und wir wollen wenigstens eins derselben etwas näher ins Auge fassen. Die Anzeichen, daß der Bonneville wirklich ein See war, liegen in den vorhandenen Ablagerungen und in der ausgezeichneten Terrassenbildung; die höchste unter diesen, die Bonnevilleterrasse, liegt etwa 330 m über dem heutigen Spiegel des großen Salzsees, und so weit muß also damals das Wasser gereicht haben; außerdem ist noch eine zweite, die Provoterrasse, 130 m unter der ersten, durch ihre scharfe Ausbildung ausgezeichnet; zwischen beiden liegen noch vier oder fünf andre, während sie unterhalb der Provolinie ziemlich undeutlich werden. Die Ablagerungen des Sees sind von zweierlei Art; zu unterst liegt ein gelber Thon, und dieser wird von einem weniger mächtigen weißen Mergel bedeckt. Wollen wir die Geschichte dieses Beckens näher kennen lernen, so müssen wir vor allem ins Auge fassen, daß in vordiluvialer, in pliocäner, Zeit hier kein größerer See vorhanden war, keiner, der den heutigen Salzsee an Umfang wesentlich übertroffen hätte. Die stärkere Wasserbedeckung begann in der diluvialen Zeit, und wir können innerhalb derselben zunächst zwei verschiedene Abschnitte unterscheiden; in dem ersten wurde der gelbe Thon, in dem zweiten der weiße Mergel abgelagert; die Ursache, welche diese Veränderung des Sedimentes veranlaßt hat, ist noch nicht hinreichend aufgeklärt, wenn man aber die Grenze beider Ablagerungen an günstigen Aufschlüssen beobachtet, so findet man ein wichtiges Verhältnis, daß sich nämlich vielfach Flußschotter zwischen beide einschieben, und daß an solchen Stellen die Oberfläche des gelben Thones denudiert ist. Man kann daraus nur den einen Schluß ziehen, daß zwischen der Bildung des gelben und des weißen Sedimentes der größte Teil des Bonnevillesees eintrocknete ,es konnten sich nun Flußschotter bilden, rinnendes Wasser das unterliegende Sediment angreifen, dann nahm die Wassermenge wieder zu, und es bildete sich der weiße Mergel. Es ist von Wichtigkeit, zu bemerken, daß ganz entsprechende Beobachtungen auch am Lahontan gemacht wurden, daß auch dieser während der Diluvialzeit eintrocknete und sich wieder füllte. Gehen wir noch etwas weiter auf die Verhältnisse ein, so finden wir, daß die erste Schwellung des Sees nicht ganz so hoch reichte wie die zweite, und daß zu jener Zeit kein Abfluß vorhanden war; die zweite Anschwellung, die 330 m über das heutige Niveau des Salzsees reicht, verschaffte sich einen Abfluß nach Norden, und diese ablaufenden Wasser tieften den Kanal weiter aus, wodurch die Oberfläche des Sees sank. Dieser Zeit gehören die Terrassen an, die Bonnevilleterrasse entspricht dem höchsten Stande des Sees, die andern bis hinunter zu der 130 m tiefer liegenden Provoterrasse entsprechen einzelnen Stillständen

in der Austiefung des Abflusses, die Provoterrasse wurde dadurch gebildet, daß eine widerstandsfähige Kalkbank in dem Flußbette auftrat, welche das Einschneiden stark verzögerte. Dann trat wieder trockneres Klima ein, und die weitere Zusammenschrumpfung des Sees, der von nun ab wieder keinen Abfluß besaß, geschah nur durch Verdunstung.

Es ist sehr nahe liegend, die zweimalige Füllung und Wiederaustrocknung dieser Seen denselben Ursachen zuzuschreiben wie das zweimalige Vorrücken und Wiederabschmelzen der Gletscher. Etwas erniedrigte Temperatur und etwas erhöhte Niederschlagsmengen konnte die Füllung der Seebecken wie die Vereisung veranlassen, und wohl sehr mit Recht führt Gilbert beiderlei Erscheinungen auf einen und denselben Grund zurück. Wir sehen daher hier, wie sich die Eiszeit in dem Wüstendistrikte des Großen Beckens geltend machte, wir erfahren aber auch eine andre Thatsache vom höchsten Interesse, daß die Zeit der zweiten Vereisung lang genug war, um dem Abflusse des Sees die Einschneidung eines 130 m tiefen Thales zu ermöglichen. Es läßt das um so mehr auf eine ungemein lange Dauer schließen, als der Abfluß eines Sees keine Gerölle und keinen Sand führt und daher nur sehr langsam zu erodieren vermag. Endlich ist noch in hohem Grade bemerkenswert, daß in den diluvialen Ablagerungen der Seen starke Störungen auftreten, es konnten stellenweise Verwerfungen bis zu einem Betrage von 30 m Sprunghöhe nachgewiesen werden; es haben sich also hier die gebirgsbildenden Kräfte noch in dem letzten Abschnitte der Diluvialperiode, in der postglazialen Zeit, in sehr ausgiebiger Weise geltend gemacht, und Gilbert und Russell heben aufs bestimmteste hervor, daß derselbe Prozeß noch jetzt im Gange sei. Es ist das von um so größerer Bedeutung, als es in Europa noch nie gelungen, deutlich sichtbare Verschiebungen größerer Partien der Erdkruste durch gebirgsbildende Thätigkeit aus so junger Zeit unzweifelhaft nachzuweisen, ein Umstand, der vielfach als Beleg für die Richtigkeit der Katastrophentheorie angeführt wurde.

In Südamerika finden wir zunächst in den tropischen Teilen wieder Laterit wie in Afrika und Indien. Sehr bemerkenswert ist das Vorkommen von Gletscherspuren in einer dem Äquator sehr genäherten Gegend. Die Sierra de Santa Marta, ein unter 11° nördlicher Breite im nördlichen Kolumbien gelegenes, ganz isoliertes Gebirge, das auch jetzt mit seinem 5500 m hohen Hauptgipfel bis in die Schneeregion reicht, zeigt nach neuern Berichten deutliche Zeichen früherer Vereisung. Sievers schildert von dort deutliche Moränen und mit der Vereisung zusammenhängende Hochgebirgsseen, und auch in den Anden von Merida, südlich vom See von Maracaibo in Venezuela, zwischen dem 7. und 10.° nördlicher Breite, sind nach demselben Beobachter Spuren von ehemaliger Vereisung vorhanden. Es sind das die einzigen Fälle, in welchen auf der ganzen Erde in dem Gebiete zwischen den Wendekreisen ein derartiger Nachweis bisher geliefert werden konnte. Die Anden von Peru und Ecuador, von denen man ihrer gewaltigen Höhe nach etwas derartiges erwarten könnte, hatten wohl wie heute ein zu trocknes Klima. Außerhalb der heißen Zone war allerdings Südamerika in Chile, Patagonien und dem Feuerlande mit riesigen Eismassen bedeckt. Von andern Vorkommnissen sind namentlich diejenigen von großer Bedeutung, welche eine reiche Säugetierfauna enthalten. Unter ihnen sind die Fundorte der Gegend von Riobamba in Ecuador zu nennen, deren Fauna neuerdings von Branco beschrieben worden ist. Bedeutend reicher sind die Knochenhöhlen Brasiliens, welche von Lund untersucht wurden. Vor allem aber gehören hierher die berühmten Pampasthone der Argentinischen Republik und Patagoniens, welche eine überaus reiche Menge riesiger Knochenreste geliefert haben, so daß sich vielleicht keine Diluvialablagerung der Erde mit dieser an Menge und Mannigfaltigkeit der großen Säugetiere messen kann. Diese Pampasablagerungen bestehen aus rötlichen, sandigen Thonen, in welchen die Fossilien oft in großer Menge, bisweilen ganze Skelete beisammen gefunden werden; in Wechsellagerung damit sind stellenweise marine Sedimente

eingeschaltet, welche genau dieselben Konchylien enthalten, die noch heute die Ufer Argentiniens bewohnen. Endlich muß noch erwähnt werden, daß in Cuba eine diluviale Säugetierfauna bestanden hat, in welcher wie in Südamerika die Edentaten die Hauptrolle spielen, und daß auf der größten der Bahamainseln Reste vom Mastodon entdeckt worden sind.

Wir wenden uns der nähern Betrachtung der amerikanischen Diluvialsäugetiere zu und vor allem denjenigen Nordamerikas, da uns hier die mehrfach hervortretende Ähnlichkeit mit Europa eine leichtere Anknüpfung an bekannte Verhältnisse gestattet. Das Mammut, das verbreitetste unter den Riesentieren unsrer Quartärbildungen, tritt auch in Amerika auf und zwar in den nördlichern Gegenden, besonders häufig in der Nähe der Beringsstraße; namentlich in der Eschscholtzbucht scheinen die Reste sehr häufig zu sein. In den südlichern Regionen kommt ein andrer Elefant (Elephas americanus) vor, der mit dem Mammut sehr nahe verwandt ist und sich in dem Baue der Backenzähne von demselben nur wenig unterscheidet. Außerdem kommt von in Europa auftretenden Typen der Moschusochs vor, der fossile Bison Amerikas steht dem unsern sehr nahe, der graue Bär ist beiden Erdteilen gemeinsam, ein großer Löwe findet sich auch hier, und noch sonst sind manche Übereinstimmungen zu nennen. Allerdings aber mangelt es daneben nicht an tiefgreifenden Unterschieden, indem in erster Linie viele der bezeichnendsten Formen unsrer Diluvialablagerungen in Amerika fehlen; so ist noch keine Spur von Rhinozeros oder Flußpferd, von Höhlenbären oder Hyäne gefunden worden, um nur einige der auffallendsten Beispiele zu nennen.

Betrachten wir solche amerikanische Typen, die zwar europäischen Vorkommnissen gegenüber nicht als fremdartig bezeichnet werden können, dennoch aber mit solchen unsers Erdteiles nicht nahe genug verwandt sind, um deren Vorkommen als hervorragende gemeinsame Züge zu nennen, so ist jedenfalls das Mastodon am wichtigsten. Das gewaltige „Ohiotier“ (Mastodon americanus, giganteus oder ohioticus), ein Tier, das mit den größten diluvialen Elefanten unsrer Gegenden an riesiger Körperentwickelung wetteifert, ist eine ausgezeichnet jochzähnige Form, die den nördlichsten Bezirken zu fehlen scheint; sie findet sich in Kanada und Neuschottland, ist am häufigsten im nördlichen Teile der Vereinigten Staaten, kommt aber auch weiter südlich bis nach Texas vor. An mehreren Punkten hat man vollständige Skelete entdeckt, namentlich in Sümpfen, worin manche Exemplare dieser Kolosse versunken und ums Leben gekommen zu sein scheinen; ja, bei einem derselben hat man zwischen den Rippen noch Reste des Mageninhaltes gefunden, Zweige und Nadeln eines jetzt noch dort vorkommenden Lebensbaumes (Thuja occidentalis). Durch seine große Häufigkeit spielte das Ohiotier hier offenbar dieselbe Rolle wie bei uns das Mammut, es war die herrschende Form unter den Pflanzenfressern. Das Vorkommen von Mastodon im amerikanischen Diluvium ist im hohen Grade bemerkenswert, da bei uns die Gattung schon vor dem Ende der Pliocänzeit erlischt, sie hat sich also in der Neuen Welt viel länger erhalten. Allerdings sind Zweifel über diesen Gegenstand ausgesprochen worden, man hat angenommen, daß die Ablagerungen, in welchen Mastodon americanus vorkommt, in Wirklichkeit pliocän seien. Allein diese Vermutung ist durchaus falsch, da man Reste dieses Tieres über dem Geschiebelehme, in den Champlainbildungen gefunden hat, also in Ablagerungen, welche jünger sind als die Eiszeit.

Eine andre merkwürdige Erscheinung ist das verbreitete Vorkommen von teilweise sehr großen Pferdearten. Dieselben sind von unserm Pferde der Art nach verschieden, und da die Stammtypen der Gattung in Amerika sowohl als bei uns vorkommen, so ist es sehr wahrscheinlich, daß diese Formen sich hier selbständig entwickelt haben. Was deren Auftreten in Nord- und in Südamerika besonders auffallend macht, sind ihre spätern Schicksale; die amerikanischen Pferde starben aus, und als die Europäer die Neue Welt betraten, gab es dort keine Vertreter der Gattung; aber die gezähmten Exemplare, die eingeführt

wurden, gediehen ausgezeichnet, sie verwilderten und bevölkern nun in großen Herden viele Steppengebiete des nördlichen wie des südlichen Kontinentes. Die Lebensverhältnisse sind also jetzt wie in einer frühern Zeit auffallend günstige, aber inzwischen muß eine Periode eingetreten sein, in welcher es anders war und das ganze Geschlecht ausstarb; wohl hat man aus Berichten, welche die Pampasgegend kurze Zeit nach dem ersten Erscheinen der Spanier daselbst darstellen, das ursprüngliche Vorhandensein einheimischer Wildpferde zu folgern gesucht, doch sind die Belege für diese Annahme ungenügend. Von andern ausgestorbenen Formen sind etwa noch Bären zu nennen, ein großer Hirsch, der hinter dem irischen Riesenhirsche an Größe kaum zurückbleibt, 2c.

Eine dritte Gruppe von Formen umfaßt solche Tiere, welche der nordamerikanischen Fauna der Jetztzeit entsprechen, ohne in Europa nahe Verwandte zu besitzen; hierher gehört

Baumstachelschwein (Erethizon dorsatum). ⅙ natürl. Größe.

ein Pekari (Dicotyles), von Raubtieren der Waschbär, von Nagern das kanadische Baumstachelschwein (Erethizon, s. obenstehende Abbildung) und Castoroides, ein dem amerikanischen Biber sehr nahe stehendes, aber weit größeres Tier. Endlich dürfen wir hier noch zwei Arten von Tapir anreihen, da ihre Vorfahren in Nordamerika lebten, während allerdings jetzt die Gattung der nearktischen Region fehlt.

Das vierte Element endlich, das wir in der nordamerikanischen Diluvialfauna unterscheiden können, ist das südamerikanische. Wir finden ein Wasserschwein oder Capybara, ein großes Nagetier, wie es heute an den Flüssen von Paraguay und der Argentinischen Republik lebt. Weitaus am wichtigsten aber ist das Auftreten riesiger, mit den Faultieren verwandter Edentaten aus den Gattungen Megatherium, Mylodon und Megalonyx, welche sich in ganz ähnlicher Weise, nur in viel reicherer Menge, auch in den diluvialen Ablagerungen der Argentinischen Republik, Patagoniens und benachbarter Länder finden. Wir werden diese Formen später bei Betrachtung dieser Gegenden kennen lernen, für den Augenblick ist für uns von Bedeutung, daß wir, abgesehen von einigen nicht mit Sicherheit in der einen oder der andern Richtung deutbaren Vorkommnissen, drei Haupttypen von Säuge-

Digitized by Google

tieren im nordamerikanischen Diluvium unterscheiden können, deren jeder eine andre Herkunft hat, nämlich eine eingeborne nordamerikanische Bevölkerung, ferner Einwanderer aus dem europäisch-nordasiatischen Festlande, endlich solche aus Südamerika. Wir können daraus schließen, daß damals die Beringsstraße zwischen Alaska und dem nordöstlichen Sibirien noch geschlossen war, während anderseits schon eine Verbindung mit Südamerika existierte. Wir haben uns in einem frühern Abschnitte überzeugt, daß die beiden amerikanischen Kontinente während des größten Teiles der Tertiärzeit durch Meer voneinander geschieden waren; nur vorübergehend war eine Verbindung während der Miocänzeit vorhanden, wie aus dem zu dieser Zeit stattfindenden beschränkten Austausche von Formen (Anchitherium, Morotherium) hervorgeht. Dann wurde diese Verbindung der Festländer unterbrochen, und erst zu Ende des Tertiär oder zu Anfang der Diluvialzeit wurde dieselbe wiederhergestellt und zwar, wie es scheint, an einer andern Stelle als früher, denn die miocäne Festlandsbrücke ging, wie oben gezeigt wurde, wahrscheinlich der Inselkette der Antillen entlang, während sie im Diluvium offenbar schon die jetzige Richtung hatte.

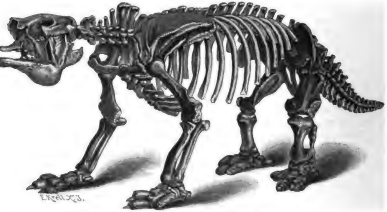
Von Interesse ist ferner die geographische Verbreitung, welche die großen Edentaten in Nordamerika besitzen; sie treten nur im südlichen Teile auf, sie fehlen in Kanada und sind auch im nördlichsten Teile der Vereinigten Staaten noch sehr selten, erst weiter im Süden kommen sie in größerer Zahl vor und geben sich dadurch als Ankömmlinge aus wärmern Gegenden zu erkennen.

Höchst eigentümlich ist der Anblick, welchen die südamerikanische Diluvialfauna gewährt. Zwar findet sich eine Anzahl von Einwanderern aus dem Norden, welche Beziehungen zu Nordamerika zeigen, weitaus den wichtigsten Bestandteil der Fauna aber bilden die erbgesessenen alten Geschlechter, unter welchen Edentaten gewisse Gruppen von Nagern und von den Vögeln der amerikanische Strauß (Rhea) die Hauptrolle spielen, lauter Typen, die auch heute die südamerikanische Fauna charakterisieren.

Als entschiedene Einwanderer vom Norden her sind in erster Linie einige elefantenähnliche Tiere, Mastodonten (Mastodon Andium und Humboldti), zu nennen, welche in weiter Verbreitung vorkommen, aber hier keine herrschende Stellung einnehmen, sondern hinter den Edentaten an Bedeutung weit zurückbleiben. Ferner Hirsche und Pferde, welche namentlich in Ecuador sehr häufig zu sein scheinen, sowie das den Pferden verwandte Hippidium; auch die Mehrzahl der Raubtiere, welche vorkommen, dürfte hierher zu rechnen sein; unter ihnen ist ein messerzähniger Tiger (Machairodus neogaeus, s. Abbildung, S. 439) zu nennen, welcher alle andern Angehörigen seiner Gattung durch die ungeheure Entwickelung seiner weit aus dem Rachen hervorragenden Eckzähne übertrifft, eine pantherähnliche Katze (Felis protopanther) und einige andre verwandte Arten, ferner Bären und Hunde. Endlich müssen zu den Einwanderern von Norden her, so seltsam es klingen mag, auch der Tapir und das Lama gerechnet werden, welche jetzt (abgesehen von dem Tapir der malayischen Region) nur in Südamerika leben. Trotzdem müssen wir annehmen, daß sie von Norden hierher gekommen sind, da in Südamerika keine Spur eines tertiären Tapirs oder Lamas oder auch nur irgend einer andern verwandten Gattung gefunden worden ist, während in Nordamerika die Vorfahren im Tertiär mehrfach vertreten sind. Wahrscheinlich muß auch das Pekari oder Nabelschwein (Dicotyles), welches jetzt in Südamerika und in Nordamerika bis nach Texas lebt, hierher gerechnet werden, da der Schweinestamm dem Süden sonst ganz fremd ist.

Hier mögen einige Tiere angeschlossen werden, von denen es wohl noch zweifelhaft ist, ob sie einheimisch oder neuerdings zugewandert sind, so die Affen, welche in ihrem Zahnbaue der jetzt lebenden amerikanischen Abteilung der Plattnasen zugehören, einige Raubtiere, wie Stinktier und Rüsselbär, einige Mäuse, Fledermäuse und Beutelratten.

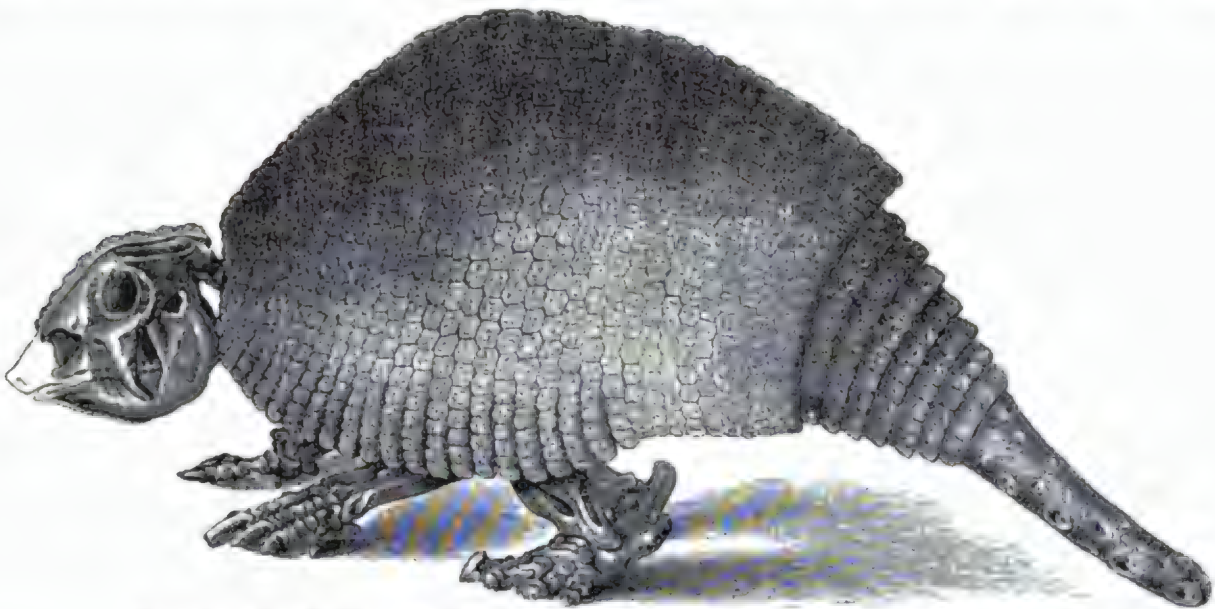
Unter den eingebornen, seit langer Zeit ansässigen Südamerikanern nehmen weitaus die erste Stelle die **Edentaten** ein. Dieser Stamm, welcher heute in derselben Gegend noch durch Faultiere, Gürteltiere und Ameisenbären vertreten ist, aber in der Diluvialzeit ungemein mehr entwickelt war, zeichnet sich, wie oben berichtet wurde (vgl. S. 471 ff.), in erster Linie durch den Mangel oder die Verkümmerung der Zähne aus, welche, wenn vorhanden, keinen Schmelzüberzug besitzen, sondern nur aus Dentin (Zahnbein) und bisweilen etwas Zement bestehen; außerdem sind ihnen noch gewisse Merkmale im Skeletbaue, in der Entwickelung des Beckens und der Füße eigen. An erster Stelle sind die **Megatherien** zu nennen, riesige, den Faultieren verwandte Geschöpfe, die sich aber von diesen, abgesehen von ihrer Größe, durch das Vorhandensein eines geschlossenen Jochbogens am Schädel und durch andre minder wichtige Charaktere unterscheiden. Ein eigentümlicher absteigender Fortsatz des Jochbogens kommt ihnen wie den Faultieren und den Glyptodonten zu.



Megatherium, aus den Pampasthonen. (Nach einer Photographie.)

Megatherium war ein Tier, das an Größe hinter einem Elefanten nur wenig zurückblieb (s. obenstehende Abbildung). Sein Rumpf ist von mächtiger Stärke, die Beine außerordentlich kräftig und namentlich die Hinterextremitäten von einer Plumpheit und Massenhaftigkeit des Knochenbaues, wie sie bei keinem Säugetiere außerhalb des Kreises der Edentaten mehr vorkommt; die vordern Extremitäten sind etwas leichter gebaut, aber immerhin noch von riesiger Stärke; die Zehen waren mit überaus starken und kräftigen Krallen bewehrt. Im übrigen Skeletbaue fällt die Stärke des Schultergürtels, ferner die ganz ungeheuer massige Entwickelung des Beckens und des Schwanzes auf. Im Gegensatze dazu ist der Kopf verhältnismäßig außerordentlich klein, und an ihm sind wieder nur die Teile stärker entwickelt, welche dem Geschäfte des Kauens gewidmet sind, wie der Unterkiefer, die Jochbogen und die andern zum Ansatze der Kaumuskeln dienenden Teile, während die Schädelkapsel und mithin das Gehirn auffallend geringe Größe aufweisen. Die Bezahnung bestand aus fünf Backenzähnen im Oberkiefer, vier im Unterkiefer, welche dicht aneinander gedrängt standen; die einzelnen wurzellosen Zähne stellen Dentinsäulen von quadratischem Durchschnitte dar, welche bei der Abkauung oben zwei Querjoche bilden. Wir können uns aus diesen Charakteren ein ziemlich deutliches Bild von diesem Ungeheuer machen; wenn wir dasselbe ins Auge fassen, so fällt vor allem auf, daß von vorn nach hinten an ihm alles schwerer und

plumper wird; der kleine Kopf und Hals, die zwar langen, aber nicht übertrieben starken Vorderfüße stehen im Gegensatze zu der Massenhaftigkeit von Schwanz, Becken und Hinterbeinen. Unwillkürlich erinnern diese Verhältnisse an diejenigen in einer ganz andern Abteilung von Wirbeltieren; wenn wir das Skelet eines der riesigen pflanzenfressenden Dinosaurier vergleichen, welche auf den Hinterbeinen einherschritten (s. die Abbildung von Iguanodon, S. 298), so ist die Übereinstimmung in den Proportionen eine wahrhaft staunenswerte. In der That, wenn auch Megatherium sich wohl sicher nicht regelmäßig auf den Hinterbeinen fortbewegte, so dürfen wir doch gewiß annehmen, daß es sich sehr oft aufrichtete und sich dabei auf den kolossalen Schwanz als auf einen dritten Pfeiler stützte. Es geschah das offenbar, um große Bäume abzuweiden, während, nach der Stärke der Krallen zu urteilen, kleinere ausgegraben und entwurzelt wurden. Im allgemeinen muß Megatherium ein äußerst stumpfsinniges und dummes Tier gewesen sein, und wenn wir uns den überaus plumpen Körper mit den langen Armen, vielleicht mit einem glanzlosen, lang-



Panochtus, ein Glyptodonte aus den Pampasthonen. (Nach Burmeister.) Vgl. Text, S. 638.

haarigen, groben Pelz bedeckt wie beim Faultiere, dazu den kleinen Kopf mit blöden, kleinen Augen vorstellen, so können wir wohl sagen, daß wir es mit einem der häßlichsten Tiere zu thun haben. Wie bei vielen sehr niedrig stehenden, stumpfsinnigen Geschöpfen, muß auch hier die Lebenszähigkeit eine ganz außerordentliche gewesen sein; man hat zwar nicht von Megatherium selbst, aber von einer nahe verwandten Gattung einen fossilen Schädel gefunden, dessen Dach durch irgend einen Unfall, vermutlich durch den Sturz eines Baumes oder durch den Tatzenschlag eines Kollegen, ganz zertrümmert, aber wieder zusammengeheilt war, und man muß wirklich staunen, daß ein warmblütiges Tier eine solche Verletzung überleben konnte.

Neben Megatherium ist Mylodon zu nennen, etwas kleiner, aber noch plumper gebaut als jenes, mit Zähnen von dreieckigem Querschnitte, welche durch Zwischenräume voneinander getrennt sind. Eine dritte Gattung, Megalonyx, war durch elliptische Zähne und die ganz exzessive Entwickelung der Krallen an den Zehen ausgezeichnet. Diese drei Gattungen, wenn auch in Südamerika am meisten entwickelt, finden sich auch, wie schon erwähnt, als Einwanderer in der südlichen Hälfte von Nordamerika; es gibt aber auch eine Reihe rein südamerikanischer Typen unter den Megalotheriden, z. B. Scelidotherium, wohl das plumpste Landsäugetier, das je existiert hat, bei welchem z. B. die Breite des Oberschenkels dessen Höhe ganz erheblich übertrifft, ferner Coelodon, Sphenodon und einige andre.

Auch die in den jungen Ablagerungen der Insel Cuba auftretenden Gattungen Megalocnus und Myomorphus gehören hierher. Von echten Faultieren von kleinem Wuchse haben sich ebenfalls einige Gattungen in den Knochenhöhlen Brasiliens gefunden.

Die allbekannten Gürteltiere bilden in der Jetztzeit einen außerordentlich charakteristischen Zug der südamerikanischen Fauna. Die eigentümliche Panzerung des Körpers mit Knochentafeln, die zu Querbinden angeordnet sind und durch ihre Beweglichkeit dem Tiere gestatten, sich zusammenzurollen, bildet den wichtigsten Charakter. Die Füße sind mit kräftigen Scharrkrallen versehen, die Zähne oft in sehr großer Zahl vorhanden, so daß z. B. bei dem lebenden Riesengürteltiere an 100 cylindrische Dentinstümpfe in den Kiefern stecken. Auch fossil kommen diese Tiere vor, namentlich in den Knochenhöhlen Brasiliens; weit wichtiger und häufiger aber sind die Glyptodonten, welche in der Regel zu den Gürteltieren gestellt werden, sich aber in wichtigen Merkmalen so weit von ihnen entfernen, daß wir sie wohl als eine selbständige Familie betrachten müssen. Die Knochentafeln sind bei ihnen nicht so deutlich zu Querbinden angeordnet und bilden einen unbeweglichen, starren, Bauch und Rücken bedeckenden Panzer, welcher dem einer Schildkröte in der äußern Gestalt vollständig gleicht; außerdem haben die Glyptodonten einen nach unten gerichteten Knochenfortsatz am Jochbogen wie die Faultiere und Megatherien, die Backenzähne erhalten durch das Vorhandensein von eigentümlichen vertieften Furchen auf der Kaufläche eine sehr charakteristische Gestalt, und die Füße sind statt der Krallen mit Hufen versehen.

Diese überaus seltsamen Schildkröten unter den Säugetieren erreichen sehr bedeutende Größe und übertreffen die ansehnlichsten unter den lebenden Gürteltieren bei weitem; die durchschnittliche Länge von Glyptodon, der häufigsten Sippe, betrug etwa 3 m, und einige andre Gattungen, wie Panochtus und Chlamydotherium, zeigen ähnliche Dimensionen; andre sind kleiner, während der fremdartig gestaltete Doedicurus, bei welchem das Ende des Schwanzes kolbenförmig verdickt ist wie der Stößel eines Mörsers, noch bedeutendere Größe erreicht (s. Abbildung, S. 637).

Auch Ameisenbären waren schon vorhanden, wie die Funde in den brasilischen Knochenhöhlen beweisen, doch waren sie unter allen Edentaten Südamerikas in den Diluvialablagerungen am schwächsten vertreten; jedenfalls sehen wir, daß nicht nur alle noch jetzt hier lebenden Gruppen der Edentaten schon in der Quartärzeit anwesend waren, sondern es gesellten sich hier zu denselben auch noch zwei ausgestorbene Familien von seltsamem Baue und gewaltiger Größe, die Megatheriden und die Glyptodonten, und die Zahl ihrer Arten ist eine so bedeutende, daß in keinem Teile der Erde jemals so viele gewaltig große Pflanzenfresser gelebt haben, zumal wenn man berücksichtigt, daß auch die Mastodonten, ferner die ausgestorbenen Gattungen Toxodon und Macrauchenia ihr Kontingent zu dieser Schar stellen. Die eben genannte Gattung Toxodon wird wohl am besten hier angereiht, da einige in ihr einen Typus sehen wollen, der mit der Stammform der Edentaten verwandt ist; doch sind die Anhaltspunkte für eine solche Vermutung schwach genug, und der ganze Bau dieser riesigen Formen ist so fremdartig und ihre Beziehungen noch so ganz rätselhaft, daß man kaum berechtigt ist, auch nur eine Vermutung über ihre verwandtschaftlichen Beziehungen zu äußern. Das Gebiß dieser an Größe einem Rhinozeros gleichenden Tiere bestand aus meißelförmigen, denen der Nager an Gestalt gleichenden, aber zahlreichern Schneidezähnen, aus winzigen, nur im Oberkiefer vorhandenen Eckzähnen und aus fortwährend wachsenden Backenzähnen, welche an gewisse Edentatengebisse erinnern, aber kräftigen, gefalteten Schmelz besitzen. Im allgemeinen glaubt man bei Toxodon Ähnlichkeiten mit Huftieren, Nagern und Edentaten, ja in einzelnen Punkten selbst mit Seekühen und Delphinen zu finden; jedenfalls stellt die Gattung und das verwandte Nesodon einen überaus altertümlichen Typus dar, der in seiner scharf von allem Bekannten abweichenden Eigenart

den Beweis liefert, daß er sehr früh, vermutlich schon vor Beginn des Tertiär, sich von andern Säugetieren abgezweigt hat. Von andern spezifisch südamerikanischen Tieren ist **Macrauchenia** zu nennen, ein ebenfalls äußerst altertümlich gebautes Tier, das im Gebisse sich den Unpaarhufern anschließt, auch im Baue der Füße mit diesen übereinstimmt, aber in anderm den alten Condylarthra, den eocänen Stammformen der Unpaarhufer, und dem Klippdachse ähnelt. Unter den Huftieren mag noch die von Branco aus Ecuador beschriebene Protauchenia genannt werden, eine Form, die sich den Lamas anschließt, aber auch in mancher Beziehung an die Kamele erinnert, ferner ein echtes Lama. Unter den Nagetieren sind ebenfalls einige eingeborne Typen zu nennen, wie die Wasserschweine (Hydrochoerus), Meerschweinchen (Cavia) und andre. Endlich ist noch der amerikanische Strauß oder Nandu (Rhea) zu erwähnen, welcher ebenfalls schon diluvial vorkommt.

Man kann sich kaum eine merkwürdigere Gesellschaft von Säugetieren denken als dieses Gemenge uralt einheimischer, eine Welt für sich bildender Formen mit den Zuzügen einer Einwanderung, welche die Lamas, die Pferde, Mastodonten, Tapire rc. geliefert hat. Allerdings sind über das geologische Alter der eben geschilderten Fauna nicht alle Stimmen einig, namentlich in neuerer Zeit hat man geradezu alle die Ablagerungen mit Megatherien, Glyptodonten, Toxodonten rc. als jungtertiär und dem Pliocän angehörig bezeichnet, und dieselbe Anschauung ist auch für die Ablagerungen ausgesprochen worden, welche in Nordamerika die Megatherien und ihre Verwandten sowie **Mastodon americanus** enthalten. Der Grund hierfür liegt namentlich in der starken Abweichung der Fauna von der jetzt lebenden und in der großen Zahl ausgestorbener Gattungen, welche viel bedeutender ist als in den Quartärbildungen Europas. Allein dieser Grund, so schwerwiegend er auch scheinen mag, ist durchaus nicht hinreichend, um diese Auffassung zu rechtfertigen, und wir werden sehen, daß sehr entscheidende Beweise gegen dieselbe vorliegen.

Ganz abgesehen davon, daß ja im europäischen und nordasiatischen Diluvium die Elefanten, Nashörner, Flußpferde, Hyänen, Löwen rc. auch geradezu die Rolle von ausgestorbenen Gattungen spielen, muß hier in erster Linie, wie Branco mit Recht hervorgehoben hat, die Thatsache berücksichtigt werden, daß den Pampasthonen marine Lagen mit jetzt lebenden Muscheln und Schnecken eingeschaltet sind, und daß auch in Nordamerika mit **Mastodon** und den großen Edentaten zusammen ganz moderne Konchylienformen auftreten. Sehr wichtig ist auch das geologische Vorkommen in Nordamerika, wo **Mastodon**, dort der stete Begleiter der Megatheriden, in Ablagerungen auftritt, die jünger sind als die glazialen Geschiebelehme, die also der obern Abteilung des Diluvium (Champlainperiode) angehören, und ebenso ist das Zusammenvorkommen von Megatheriden mit hochnordischen Formen von größter Bedeutung. Unter diesen Umständen können wir wohl mit Sicherheit behaupten, daß die geschilderten Faunen wenigstens der Hauptmasse nach diluvial sind; allerdings ist dabei die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß etwa die ältesten Teile derselben noch ins oberste Pliocän zurückgreifen. Es ist schon in unserm vielfach durchforschten Europa nicht überall mit voller Sicherheit möglich, das oberste Pliocän vom Diluvium zu trennen, denn beide Abteilungen haben eine beträchtliche Artenzahl miteinander gemein, und um so weniger dürfen wir ein derartiges Verhältnis in Amerika als ausgeschlossen betrachten.

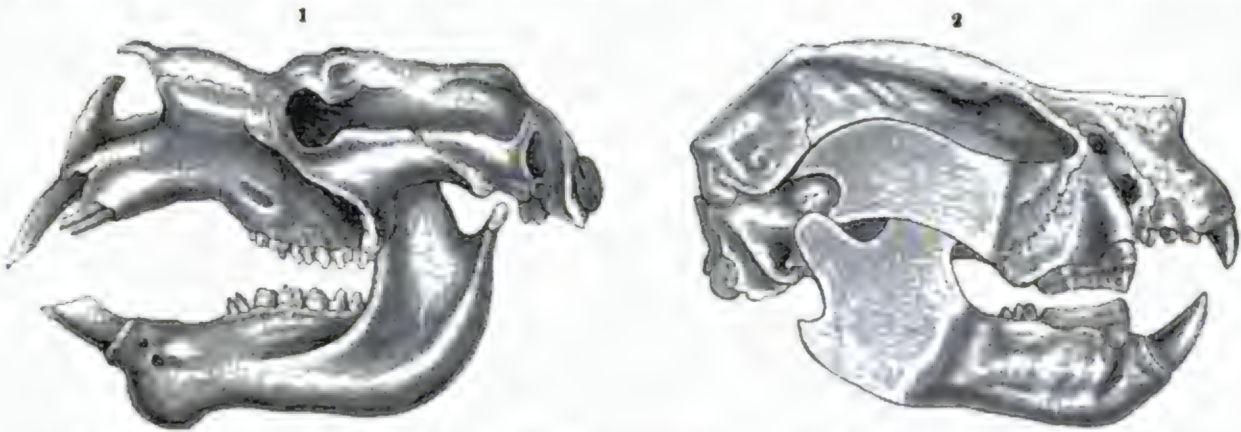
Zum Schlusse mag noch des Vorkommens diluvialer Menschenreste und Kunstprodukte in Amerika kurz gedacht werden. Bei Natchez am Mississippi in der Nähe von Vicksburg wurde ein Stück eines menschlichen Beckens zusammen mit **Mastodon** und **Megalonyx** entdeckt, doch ist nicht mit voller Sicherheit festgestellt, daß die Fossilien aus derselben Schicht stammen. Dagegen ist kaum ein Zweifel vorhanden, daß in den goldführenden Geröllablagerungen Kaliforniens zusammen mit **Mastodon** und Elefanten Steinwerkzeuge mehrfach gefunden worden sind, während über die Echtheit eines Menschenschädels, der in

einer Tiefe von mehr als 40 m unter der Oberfläche in der Grafschaft Calaveras angetroffen worden sein soll, schwere Bedenken vorliegen. In Südamerika werden Spuren des Menschen von Burmeister aus der obern, von Ameghino auch aus der mittlern Abteilung der Pampasthone angeführt, und demnach hätte der Mensch hier gleichzeitig mit den riesigen Edentaten, mit Mastodonten, Toxodonten und Makrauchenien gelebt. Außerdem hat man noch ein sehr auffallendes Vorkommen aus dem an Kalifornien angrenzenden Staate Nevada erwähnt, das sich zwar nicht als richtig erwiesen hat, aber der merkwürdigen Umstände und des Aufsehens wegen, das dasselbe kürzlich erregt hat, hier erwähnt werden mag. In der Nähe von Carson City, der Hauptstadt von Nevada, liegt das Gefangenhaus des Staates auf einer Anhöhe von diluvialem Sandsteine, welcher zu den Ablagerungen des oben besprochenen, jetzt ausgetrockneten Lahontansees gehört. Die Sträflinge werden zur Gewinnung von Bausteinen verwendet, und in den Steinbrüchen wurden auf den Schichtflächen zahlreiche Fußspuren von Tieren beobachtet; offenbar war hier eine Uferregion, auf deren sandigem, noch nicht erhärtetem Sedimente sich die Umwohner bewegten. Man konnte hier die Fährten von Mastodon, Pferd, Hirsch, Wolf und verschiedenen Vögeln nachweisen, und neben ihnen fanden sich höchst eigentümliche Eindrücke, die man anfangs keinem bekannten Tiere zuschreiben konnte. Sie glichen übergroßen Menschenfährten, aber es waren keine Abdrücke von Zehen daran zu erkennen, und man nahm daher an, daß die damaligen Ureinwohner sich sehr großer Sandalen bedient hätten, um in dem weichen Schlamme nicht zu tief einzusinken. Allerdings wollte auch die Schrittweite nicht stimmen, trotzdem aber wurde diese Erklärung von mehreren Seiten angenommen. Allein Marsh zeigte, daß diese Gebilde auch von einem großen Edentaten, einem Mylodon, herrühren könnten, vorausgesetzt, daß dessen Gangart derart war, daß sich der Hinterfuß genau auf dem von dem Vorderfuße verlassenen Platze niedersetzte. In der That fand diese Ansicht denn auch ihre Bestätigung, indem an einer Stelle, an welcher das Tier eine Wendung machte, sowohl die Fährten von Vorderfüßen als diejenigen von Hinterfüßen nachgewiesen werden konnten, und damit sind die Spuren von Carson City wohl endgültig aus der Reihe der Beweise für die Existenz des diluvialen Menschen gestrichen.

Noch weit ausgeprägter als in Südamerika finden wir in Australien eine durchaus eigenartige Diluvialfauna, welche der jetzigen nahe verwandt ist und gleich dieser allen Tiergesellschaften fremder Länder durchaus fremd gegenübersteht. In der Jetztzeit enthält Australien nur Säugetiere der niedersten Organisation als einheimische Bewohner, nur Beuteltiere und neben ihnen die noch tiefer stehenden Monotremen (Schnabeltier, Ameisenigel); von höhern Formen ist nur der Dingo oder Wildhund vorhanden, offenbar ein vom Menschen eingeführter, später verwilderter Haushund, ferner Mäuse und Ratten, die sehr leicht in Schiffen verschleppt werden, endlich Fledermäuse, die infolge ihres Flugvermögens über weite Meeresstrecken gelangen können und daher ganz allgemein andern Verbreitungsgesetzen folgen als die übrigen Säugetiere.

Im Diluvium fehlen natürlich die vom Menschen verschleppten Arten, wir haben nur Beuteltiere und ganz vereinzelte Monotremen. Wenn wir uns an die Säugetiere erinnern, welche Europa zur Trias- und Jurazeit enthielt, so finden wir offenbar eine merkwürdige Ähnlichkeit, auch damals lebten nur Beuteltiere oder ihnen sehr nahe verwandte Formen, und die einzelnen Gattungen jener alten Zeit haben, soweit überhaupt nahe Beziehungen zu spätern Tieren vorhanden sind, ihre lebenden Analoga in Australien (Myrmecobius, Hypsiprymnus). Nicht ohne guten Grund ist gesagt worden, daß auf dem australischen Kontinente und in Tasmanien sich die mesozoische Säugetierfauna bis in die diluviale und in die jetzige Zeit erhalten habe.

Wenn wir von einer derartigen nahen Beziehung hören, dürfen wir allerdings nicht an sehr weitgehende Übereinstimmung auch in der äußern Erscheinung denken; während jene triadischen und jurassischen Formen ausschließlich ganz kleine Tiere sind, finden wir jetzt in dem großen Känguruh, in dem Beutelwolfe ziemlich ansehnliche Gestalten, und in der Diluvialzeit waren sogar Riesen vorhanden, welche fast die Größe eines Elefanten erreichten. Es wurde schon an einer Stelle erwähnt, daß sich unter den Beuteltieren Repräsentanten verschiedener Gruppen der höhern Säugetiere finden; wir finden marsupiale (beuteltragende) Raubtiere, Insektenfresser, Nager rc. In derselben Weise vertreten jene Riesen der Diluvialzeit in Australien unsre großen Pflanzenfresser, ähnlich einem Dinotherium oder Tapir haben sie ausgezeichnete Jochzähne, welche über die Art ihrer Ernährung keinen Zweifel lassen. Das gewaltigste Tier unter ihnen war Diprotodon (s. untenstehende Abbildung 1), ungefähr von der Größe eines Rhinozeros; mächtig vorspringende, meißelartige Schneidezähne dienten wahrscheinlich zum Benagen und Fällen von Bäumen, Eckzähne fehlen, die jochförmigen Backenzähne sind durch eine weite Lücke von den Schneidezähnen getrennt. Nahe mit Diprotodon verwandt, aber etwas kleiner war Nototherium,

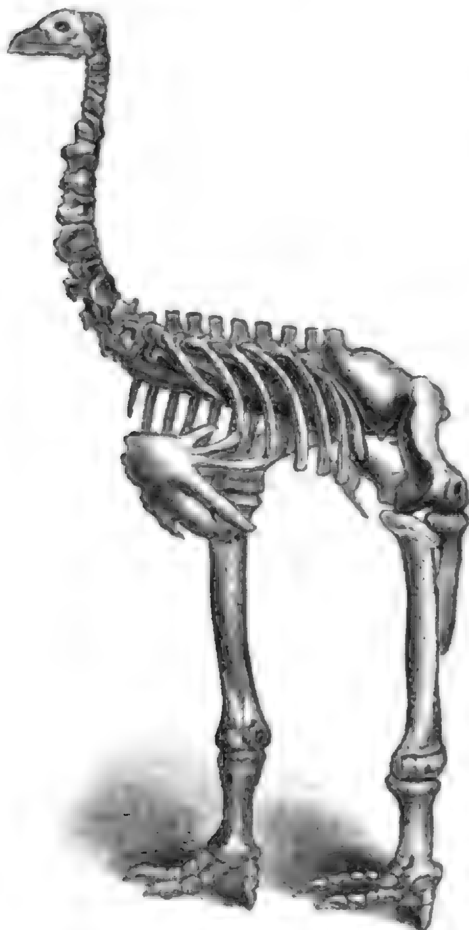


1. Schädel von Diprotodon. — 2. Schädel von Thylacoleo carnifex, aus den Diluvialablagerungen Australiens.

bei welchem die Schneidezähne des Unterkiefers sehr klein sind. Von sehr eigentümlichem Baue und von großem Interesse ist eine dritte Gattung großer Beuteltiere, der sogenannte Beutellöwe (Thylacoleo carnifex, s. obenstehende Abbildung 2), welcher nach dem Baue seines Gebisses für ein äußerst räuberisches, fleischfressendes Tier gehalten wurde. An dem Schädel, dem einzigen Teile, welchen man kennt, sind vor allem das überaus kleine Gehirn und die mächtige Entwickelung der Jochbogen und aller für den Ansatz der Kaumuskeln bestimmten Knochenteile bezeichnend; im Gebisse ist namentlich ein sehr großer, gestreckter Backenzahn mit gestreifter, oben scharf schneidender Krone auffallend, welcher mit dem Fleischzahne eines Raubtieres verglichen wurde und Anlaß zu der Namengebung (Thylacoleo, Beutellöwe) gegeben hat. Doch stimmt weder die Stellung noch die Gestalt des Zahnes gut mit dieser Annahme, es ist wahrscheinlicher, daß derselbe den gestreiften Zähnen der lebenden Känguruhratten (Hypsiprymnus) und ihrer fossilen Verwandten (Plagiaulax rc.) entspricht, und daß wir es also in Thylacoleo mit einem Pflanzenfresser zu thun haben, der sehr harte Nahrung, wohl Zweige und Wurzeln holziger Gewächse, mit seinem furchtbaren Gebisse zerkleinerte.

Außer der großen Zahl der Beuteltiere enthalten die diluvialen Ablagerungen Australiens auch Reste großer, flügelloser Vögel, welche teils dem jetzt dort lebenden Emu (Dromaeus) verwandt sind, teils den auf Neuseeland vorkommenden Dinornis nahestehen; es gehören diese Gattungen zu der großen Abteilung der Ratiten, welche durch die Verkümmerung der Flügel, den Mangel eines erhabenen Kammes auf dem Brustbeine und

einzelne andre Merkmale ausgezeichnet sind. Diese großen Vögel sind jetzt namentlich auf der südlichen Halbkugel und in den äquatorialen Gegenden verbreitet. Wir finden in Afrika den zweizehigen Strauß, in der papuanischen Region die Kasuare, in Australien den Emu, in Neuseeland den Kiwi und in Südamerika den dreizehigen Strauß oder Nandu (Rhea). Weit reicher war jedoch die Entwickelung in früherer Zeit; der afrikanische Strauß kam auch in Indien vor[1], und auf Madagaskar haben sich diluviale Reste des ungeheuern Aepiornis gefunden, Skeletteile, die Eindrücke des gewaltigen Fußes im Schlamme und die riesigen Eier, deren eins ungefähr den Rauminhalt von 150 Hühnereiern besitzt.



Dinornis, aus dem Diluvium von Neuseeland.

Vor allem aber ist Neuseeland durch die außerordentliche Zahl großer Vögel aus den Gattungen Dinornis (s. nebenstehende Abbildung) und Palapteryx ausgezeichnet, welche hier an Stelle der Säugetiere die herrschende Gruppe des Tierreiches bildeten. Diese mächtigen Tiere, die Moa der neuseeländischen Maori, waren in einer großen Zahl von Arten vorhanden, deren Knochen man in Menge findet, so daß man zahlreiche vollständige Skelete zusammenstellen konnte. Die größten unter ihnen erreichten eine Höhe von fast 4 m; neben ihnen kamen allerdings auch kleinere Tiere vor, die aber teilweise durch außerordentlich massiven Knochenbau namentlich der Füße ausgezeichnet sind (z. B. Dinornis elephantopus). Eine sehr auffallende Erscheinung ist die außergewöhnlich große Zahl von nicht weniger als elf Moa-Arten, welche auf einem so kleinen Gebiete wie Neuseeland vorkommen, und es ist mit Recht darauf hingewiesen worden, daß eine derartige Anhäufung eine allen Erfahrungen in andern Gegenden widersprechende Erscheinung darstellt. Man hat zur Erklärung derselben angenommen, daß Neuseeland vor verhältnismäßig kurzer Zeit weit größern Umfang besaß als heute, und daß die Menge der gefundenen Moa-Arten durch Untersinken des größern Teiles der ehemaligen Landoberfläche auf die übriggebliebene Insel zusammengedrängt wurde und hier erlosch.

In keinem Gebiete scheint das Aussterben der großen Tiere aus der Diluvialzeit, welche sich nach Ende dieser in die Jetztzeit erhalten haben, so spät vor sich gegangen zu sein als in Neuseeland. Man kann jetzt mit fast voller Gewißheit sagen, daß bei der Entdeckung des Landes durch die Europäer noch Moas existierten, und daß sie wahrscheinlich erst im vorigen Jahrhundert ausgerottet wurden. Ja, von manchen Seiten ist sogar die Hoffnung ausgesprochen worden, man werde diese Riesen der Vogelwelt in den wenig bekannten und unzugänglichen Gegenden der Südinsel noch lebend vorfinden. Diese Vermutung hat sich bisher noch nicht bestätigt, und die Bekanntschaft mit dem Innern des Landes ist auch jetzt wohl zu genau, um die Annahme zu rechtfertigen, daß daselbst noch ein so großes Tier lebe, ohne den Europäern bekannt geworden zu sein. Jedenfalls aber ist die Zeit seit dem Verschwinden der Moas sehr kurz; von dem Schiffe des berühmten Reisenden Cook, der Neuseeland in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts besuchte, wurde am Strande ein riesenhafter

[1] Die Angaben über das Vorkommen eines fossilen Emu in Indien haben sich als unrichtig erwiesen.

Vogel gesehen; man hielt anfangs den Bericht darüber für Fabel, aber es ist jetzt im höchsten Grade wahrscheinlich, daß derselbe vollständig der Wahrheit entspricht. In den Erzählungen der Maori, der Eingebornen von Neuseeland, spielen die Moas eine sehr große Rolle; sie melden von den gefahrvollen Kämpfen mit dem gewaltigen Tiere, bei denen mancher der Ihrigen das Leben verlor, sie zeigen noch die Stelle, an welcher der letzte Moa nach grimmigem Widerstande erschlagen wurde, sie wissen noch die Lieder zu singen, die bei der Moajagd gesungen wurden, und ein alter Häuptling, der etwas vor der Mitte unsers Jahrhunderts starb, berichtete, daß er in seiner Jugend noch Moafleisch gegessen habe.

Wie Hochstetter sehr klar auseinandersetzt, müssen die Moas zur Zeit, als Neuseeland von den Maori besiedelt wurde, in außerordentlicher Menge vorhanden gewesen sein, die an 200,000 Seelen zählende Bevölkerung hätte sonst nicht existieren können, da außer dem Fischfange und der Gewinnung einiger Farnkrautwurzeln die Insel keine Nahrungsquelle bot. Die Einwohner müssen größtenteils von Moafleisch gelebt haben, und als diese Tiere gegen Ende des vorigen Jahrhunderts ausgerottet wurden, brach Nahrungsmangel aus, und ihm ist der furchtbar entwickelte Kannibalismus zuzuschreiben; aus Mangel an andrer Nahrung fraßen die Menschen sich gegenseitig auf, fortwährende Kriege wurden geführt, um das Fleisch der Feinde zu gewinnen, und die einheimische Bevölkerung hätte sich gewiß allmählich zum größten Teile selbst zerstört, hätte nicht die Einführung von Schweinen und Kartoffeln durch die Europäer diesem entsetzlichen Zustande ein Ende gemacht.

Wie schon bei einer frühern Gelegenheit erwähnt wurde, gehört die Verbreitung der Ratiten oder straußähnlichen Vögel zu den geographisch überaus wichtigen Thatsachen. Ihre Beschränkung auf die südlichen Festländer weist auf das ehemalige Vorhandensein weit größerer Kontinentalmassen in der südlichen Hemisphäre hin, wie wir sie schon früher aus andern Gründen gefolgert haben; speziell sehen wir, daß die Kasuariden auf die australische Region beschränkt sind, während die Strauße lebend in Südamerika und Afrika und fossil in Indien auftreten, d. h. genau in denselben Ländern, in welchen unter den Säugetieren die Edentaten vorkommen. So werden wir auch hier wieder auf das ehemalige Vorhandensein eines brasilisch-äthiopischen Festlandes mit einer nach Indien reichenden Halbinsel verwiesen, dessen Existenz wir schon aus der Verbreitung der mesozoischen Meeresablagerungen folgern konnten.

Werfen wir einen Blick auf die Zusammensetzung der diluvialen Wirbeltierfauna, so treten uns zwei wichtige Erscheinungen mit großer Klarheit entgegen, nämlich die über die ganze Erde wahrnehmbare *Verarmung* und die *Übereinstimmung der großen Hauptzüge der zoogeographischen Verhältnisse mit der Jetztzeit*. Die erstere Thatsache, die schon früher mehrfach erwähnt wurde, finden wir überall bestätigt, wo nur immer eine diluviale Fauna bekannt geworden ist, ohne daß es möglich wäre, eine hinreichende Erklärung dafür zu geben. Man kann für eine Reihe von Fällen als die Ursache des Erlöschens die großen klimatischen Schwankungen während der Diluvialzeit betrachten, für andre können wir die vernichtende Thätigkeit des Menschen verantwortlich machen, aber keine dieser beiden Ansichten reicht für alle Fälle aus, namentlich den Verhältnissen in Südamerika stehen wir ziemlich ratlos gegenüber. Vor allem aber muß man für eine allgemein verbreitete Erscheinung eine allgemeine Ursache angeben können, und da wir das nicht im stande sind, so müssen wir gestehen, daß uns das Aussterben der großen Diluvialtiere noch immer ein Rätsel ist.

Das Beharren der wesentlichsten zoogeographischen Charaktere von damals bis heute ist eine sehr wichtige Thatsache, und bekanntlich ist sie es, welche *Darwin* sehr wesentlich zu seiner *Theorie über die Entstehung der Arten* anregte, ja wahrscheinlich den ersten Anstoß dazu gab, diesem großen Probleme seine Aufmerksamkeit zu widmen. Als ein ganz junger Mann begleitete *Darwin* als Naturforscher die Weltumseglung

des Kriegsschiffes Beagle, und bei dieser Gelegenheit hielt er sich längere Zeit in Südamerika auf, er unternahm Nachgrabungen in den Pampasthonen und fand hier die Reste von Megatherien, Glyptodonten und andern Edentaten, welche zwar ausgestorbenen Arten angehören, aber doch Familien, welche noch heute ausschließlich Südamerika angehören; ebenso findet man hier Reste von Faultieren, Gürteltieren, von plattnasigen Affen, von Lamas, von dreizehigen Straußen und andern Gruppen, welche auch jetzt für dieselbe Gegend charakteristisch sind. Diese Beobachtung führte den jugendlichen Forscher auf den Gedanken, daß nicht, wie man damals ziemlich allgemein annahm, jede einzelne Art selbständig geschaffen, sondern daß die genannten Gruppen seit alter Zeit in Südamerika einheimisch seien und die einzelnen Arten und Gattungen derselben sich hier durch allmähliche Abänderung auseinander entwickelt haben. In der That läßt jede andre Annahme diese merkwürdigen Erscheinungen der Tiergeographie, welche uns überall begegnen, durchaus unerklärt.

Ganz in derselben Weise wie in Südamerika finden wir die Übereinstimmung der diluvialen mit der lebenden Fauna in Australien mit seinen zahlreichen charakteristischen Beuteltieren, mit den Schnabeltieren und Emus, und das gleiche Verhältnis sehen wir bei den Vögeln Neuseelands. Bei den übrigen Regionen ist allerdings die Sache weniger klar; für manche können wir überhaupt keine derartigen Vergleiche anstellen, weil wir die diluviale Fauna noch nicht oder nicht genügend kennen, wie das für die äthiopische und indisch-malayische Region der Fall ist, für andre haben in der That seit der Quartärzeit wichtige Verschiebungen stattgefunden, und das gilt vor allem für die paläarktische Region, d. h. für Europa, das nördlichste Afrika und für Asien mit Ausschluß von Südarabien und Indien, und ferner für die nearktische Region oder Nordamerika.

Allerdings treten im Norden von Europa, Asien und Amerika diejenigen Formen auch schon diluvial auf, welche noch heute dieselben Gebiete charakterisieren. Aber die Unterschiede der einzelnen großen Provinzen sind weniger scharf ausgesprochen als in der Jetztzeit; so finden wir in Europa eine Reihe quartärer Typen, welche jetzt die äthiopische oder die indische Fauna charakterisieren, wie Elefanten, Nashörner, Hippopotamus, Löwen und gefleckte Hyäne. Ganz besonders aber fällt das Vorkommen von Arten auf, welche heute nur in Nordamerika leben, wie der graue Bär, der Wapitihirsch, das grönländische Renntier und der Moschusochs. Wir sehen also, daß hier die Unterschiede zwischen den Faunengebieten damals noch nicht so ausgeprägt waren wie heute, und darin liegt eine entschiedene Abweichung gegenüber dem Zustande, wie wir ihn in Südamerika, Australien und Neuseeland kennen gelernt haben. Die Ursache ist auch leicht einzusehen, die letztern Länder sind und waren in einem Zustande teils vollständiger Abgeschlossenheit, teils ziemlich beschränkter Verbindung mit der Außenwelt, während die Kontinentalmassen der nördlichen Halbkugel damals in voller Kommunikation miteinander waren und daher eine Menge gemeinsamer Züge besaßen, welche heute, nach der Trennung Asiens von Amerika, sich erheblich vermindert haben.

Ursachen der Kälteperiode.

Ehe wir die Betrachtung der diluvialen Periode verlassen, ist es notwendig, die klimatischen Verhältnisse dieses Zeitraumes nochmals ins Auge zu fassen und die Ursachen derselben zu besprechen. Wir haben die wichtigsten Thatsachen in dieser Beziehung schon kennen gelernt, und es ist überflüssig, hier nochmals all das ausführlich zu wiederholen; es mag genügen, daran zu erinnern, daß nach einem wärmern Anfange eine Epoche eintrat, in welcher Gletscher und Massen von Inlandeis eine außerordentlich große Verbreitung besaßen, und während welcher in nicht vereisten Regionen vielfach wenigstens die

Herrschaft eines feuchten und kühlen Klimas nachweisbar ist. Diese Eiszeit zeigt in den bisher näher untersuchten Gegenden eine bedeutende Unterbrechung, in welcher die Vergletscherung mächtig einschrumpfte; nach Abschluß der zweiten Vereisung entwickelten sich, allerdings unter mannigfachen Schwankungen, die heutigen Temperaturverhältnisse. Auch über die Art der klimatischen Änderung sind wir ziemlich genau unterrichtet; wir haben gesehen, daß weder eine ganz exzessive Kälte herrschte, noch auch ohne Abkühlung nur durch Vermehrung der Niederschläge Gletscherbildung eintrat. Alle Anzeichen sprechen dafür, daß eine mäßige Abnahme der Jahrestemperatur, die man auf 4—6° schätzen kann, genügte, um die merkwürdigen Erscheinungen jener Zeit herbeizuführen. Diese Thatsachen, ferner der Umstand, daß die damaligen klimatischen Verhältnisse zwischen einzelnen Gegenden dieselben waren wie jetzt, endlich die bekannte Verbreitung des Eises müssen bei jedem Erklärungsversuche leiten.

Jene Vermutungen, welche ein ganz exzessiv kaltes Klima, eine ganz allgemeine Vereisung der nördlichen Halbkugel, kurz eine außerhalb jeder berechenbaren und gesetzmäßigen Entwickelung stehende Katastrophe annehmen, bedürfen wohl keiner eingehenden Widerlegung. Wir beschäftigen uns nur mit denjenigen Ansichten, welche nicht mit den einfachsten Thatsachen in unlösbarem Widerspruche stehen. Unter diesen besser begründeten Erklärungsversuchen lassen sich zwei Gruppen unterscheiden, deren eine Veränderungen in den Verhältnissen der Erde, in der Verteilung von Wasser und Land, dem Verlaufe der Meeresströmungen 2c. voraussetzt, während die andre kosmische, das Verhältnis der Erde zu andern Weltkörpern betreffende Ursachen annimmt. Namentlich zu Anfang der Studien über die Vereisung, als deren außerordentlich weite Verbreitung noch nicht bekannt war, suchte man nach Gründen der erstern Art; als man nur von einer Vergletscherung der Alpen wußte, nahm Charpentier an, daß dieses Gebirge damals bedeutend höher gewesen sei, seine Gipfel viel weiter in die Schneeregion hinaufragten als heute, doch konnte sich natürlich eine solche Ansicht nicht halten, als man dieselben Erscheinungen auch in England und Skandinavien beobachtete.

Von weit größerer Bedeutung sind die Anschauungen, daß eine Änderung in den Verhältnissen der Föhnstürme die Vereisung verursacht habe; als Föhne bezeichnet man heiße, trockne Südstürme, welche in den Nordalpen auftreten und mächtiger als irgend ein andrer Faktor das rasche Abschmelzen von Schnee und Eis bewirken, und deren Ursprung man früher allgemein nach Nordafrika in die Sahara verlegte; man glaubte, es seien die heißen Wüstenwinde, welche über das Mittelmeer weg die Alpen erreichen. Man dachte nun, daß zur Diluvialzeit die Sahara, ganz von Wasser bedeckt, ein großes Binnenmeer dargestellt habe, von dem nun statt des Föhnes kühle, feuchte Winde kamen, welche die Vereisung der Alpen, nach den Ansichten mancher auch diejenige von Nordeuropa, verursachten. Ja, in manchen, allerdings nicht streng wissenschaftlichen Kreisen war man von der Richtigkeit dieser Ansicht bis zu dem Grade überzeugt, daß man von der durch den französischen Kapitän Roudaire geplanten Verwandlung des kleinen Schottgebietes südlich von Tunis in einen Binnensee die nachteiligsten Folgen für das Klima Europas und ein mächtiges Anwachsen der alpinen Gletscher befürchtete. Natürlich ist eine solche Besorgnis einfach lächerlich, aber auch die Hypothese, auf deren Übertreibung sie beruht, ist unhaltbar; infolge der genauern Erforschung der Sahara weiß man, daß sie in geologisch junger Zeit überhaupt nicht vom Meere überflutet war, aber wenn das auch gewesen wäre, so hätte dies das Klima Europas nur wenig beeinflußt und vor allem an dem Föhne nichts geändert. Der Föhn kommt nicht aus der Sahara, sondern aus weiter westlich gelegenen Gegenden und erreicht den Südrand der Alpen als ein feuchter Wind; hier verliert er durch Abkühlung an den Bergen seine Feuchtigkeit, die als Regen niederfällt; nun überschreitet er den Hauptkamm

des Gebirges als ein trockner, kalter Wind und stürzt auf der Nordseite in die Tiefe; bei diesem Sturze in die Tiefe aber wird die Luft zusammengedrückt und dadurch Wärme erzeugt, und der Föhn verdankt also seine hohe Temperatur nicht dem Klima der Gegenden, aus welchen er kommt, sondern dieselbe wird lediglich durch Druck mechanisch hervorgebracht.

Eine andre Vermutung beschäftigt sich mit dem Golfstrome, jener großen Warmwasserströmung im Atlantischen Ozeane, welche im Golfe von Mexiko ihren Anfang nimmt, der Küste der Vereinigten Staaten folgt und sich dann nach Osten wendet; ein Zweig dieses Stromes erreicht Europa und bespült dessen westliche Ufer, ja er setzt sich weit nach Norden bis Island, Spitzbergen und Nowaja Semlja fort. Es ist bekannt, daß Europa und namentlich seine westlichen Teile ihr verhältnismäßig mildes und gleichmäßiges Klima der Erwärmung durch diese aus den tropischen Gegenden kommenden Gewässer verdanken, und man nahm nun an, daß während der Eiszeit die Verbindung zwischen Nord- und Südamerika unterbrochen war und der Golfstrom durch die Lücke zwischen beiden nach dem Stillen Ozeane hinaustrat, ohne unsre Gegenden zu erreichen. Allein auch diese Erklärung ist unmöglich; dem ganzen Wesen und dem Ursprunge der Meeresströmungen nach, welche durch die herrschende Windrichtung bedingt sind, würde eine Kommunikation mit dem Stillen Ozeane eine solche Ablenkung aller Wahrscheinlichkeit nach gar nicht hervorgebracht haben; aber wir wissen überdies aus der Verbreitung der diluvialen Säugetiere in Amerika, daß gerade zu jener Zeit eine Landverbindung zwischen Norden und Süden vorhanden war, so daß die Megatherien, die Mylodonten, die Mastodonten, Tapire, Lamas und Pferde ungehindert von dem einen Kontinente zum andern gelangen konnten. Endlich haben die Untersuchungen amerikanischer Forscher über die Verbreitung diluvialer Meeresmuscheln an den Küsten ihres Landes ergeben, daß der Golfstrom denselben Verlauf hatte wie heute; daß derselbe auch die europäischen Ufer berührte, geht mit Sicherheit aus der Lage der Schneelinie in England und Schottland während der Eiszeit hervor (s. S. 621).

Ähnlich verhält es sich mit der von Lyell aufgestellten Hypothese, daß Nordeuropa bis zu bedeutender Höhe über dem heutigen Wasserstande untergetaucht und vom Meere überflutet gewesen sei, und daß die bedeutende Feuchtigkeit infolge dieser ausgebreiteten Wasserbedeckung das Anwachsen der Gletscher veranlaßt habe. Hier fehlt vor allem der Beweis für das Vorhandensein einer solchen Überflutung, auf deren Stattfinden man nur irrtümlicherweise aus dem Vorhandensein von Geschiebelehm geschlossen hatte.

Übrigens spricht gegen alle diese und verwandte Deutungsversuche der Umstand, daß die Spuren der Eiszeit in Südamerika, auf Neuseeland und in Südafrika ebensogut auftreten wie in den Alpen, in Nordeuropa oder Nordamerika; daher können lokale Änderungen niemals eine hinreichende Erklärung darstellen, wir müssen eine die ganze Erde betreffende Ursache zu entdecken suchen. Hiergegen ist der Mangel an Vereisung im Altaigebirge und überhaupt in einem großen Teile von Nordasien, ferner in der westlichen Hälfte von Nordamerika eingewendet worden. Allein dabei wird übersehen, daß dies Gegenden sind, welche auch in der Jetztzeit trocken und arm an Niederschlägen sind, und für welche daher bedeutende Gletscherbildung auch bei einem Sinken der Temperatur um etwa 5° nicht zu erwarten ist.

Von verschiedenen Möglichkeiten einer allgemeinen Ursache hat man zunächst an eine Veränderung in der Lage der Pole gedacht. Allein ganz abgesehen davon, daß man kaum eine Stellung derselben finden kann, welche alle Erscheinungen gut erklärt, zeigt schon das oft betonte Gleichbleiben der klimatischen Verhältnisse der einzelnen Lokalitäten zu einander, daß keine bedeutende Verschiebung stattgefunden haben kann, zu welcher überdies auch die Zeit, welche seit der Vereisung abgelaufen ist, entschieden viel zu kurz wäre. Andre haben geglaubt, daß die Erde abwechselnd durch wärmere und kältere Regionen des Weltraumes

hindurchgehe. Wenn dies der Fall wäre, so müßte offenbar der Eintritt in eine wärmere Region dadurch bedingt sein, daß sich das ganze Sonnensystem einem Wärme ausstrahlenden Weltkörper, einem andern Fixsterne, nähert; dieser würde aber naturgemäß auch das Sonnensystem und dessen einzelne Teile durch seine Masse anziehen und Störungen in den Bahnen der Planeten hervorrufen, von denen keine Spur zu bemerken ist. Man hat ferner Änderungen in der Schiefe der Ekliptik, der Stellung der Erdachse zur Ebene der Erdbahn, zu Hilfe rufen wollen, aber ganz abgesehen davon, daß man sich noch nicht darüber hat einigen können, ob durch schiefere Stellung eine Abkühlung oder eine Erwärmung der höhern Breiten herbeigeführt werde, lehrt auch die Astronomie, daß eine Änderung in dieser Beziehung überhaupt nicht angenommen werden kann. Kleine Schwankungen in dieser Beziehung sind unter dem Namen der Präzession und Nutation bekannt, infolge deren in Perioden von 10,500 Jahren abwechselnd die nördliche und die südliche Halbkugel etwas längere Sommer hat; auch darin hat man die Ursache der Vereisung gesucht; allein es ist sehr zweifelhaft, ob eine Verkürzung des Sommers in diesem geringen Betrage eine solche Wirkung ausüben kann, da in dem kürzern Sommer die Erde der Sonne näher steht und ihr dadurch eine größere Wärmemenge zugeführt wird; überdies aber muß ein ständiger starker Wechsel der klimatischen Verhältnisse in so überaus kurzen Perioden als allen Erfahrungen widersprechend abgelehnt werden.

Von andrer Seite wird auf die Exzentrizität der Erdbahn großer Wert gelegt. Die Erdbahn ist bekanntlich kein Kreis, sondern eine sehr breite Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht; aber die Form dieser Ellipse bleibt sich nicht immer gleich, sie wird in sehr langen Zeiträumen abwechselnd etwas schmäler oder exzentrischer und dann wieder breiter und kreisähnlicher. Aus den Veränderungen, welche jetzt in dieser Beziehung vor sich gehen, hat man zu berechnen gesucht, wie diese Verhältnisse in früherer Zeit waren, und man hat dabei das Resultat gefunden, daß die Schwankungen sehr bedeutend sind. So soll eine Zeit hoher Exzentrizität etwa 240,000 Jahre v. Chr. begonnen und etwa bis zum Jahre 80,000 gedauert haben; noch extremer gestaltete sich die Bahn etwa 850,000 und 2,500,000 Jahre vor unsrer Zeitrechnung, und dazwischen liegen noch einige sehr bedeutende Schwankungen. Man hat nun theoretisch abzuleiten gesucht, daß starke Exzentrizität der Erdbahn eine erhebliche Abkühlung mit sich bringt, und man hat geradezu jene vor 80,000 Jahren abschließende Periode als der diluvialen Eiszeit entsprechend betrachtet.

Unter all den verschiedenen Erklärungsversuchen kommt diesem entschieden die größte Bedeutung zu, und derselbe verdient um so größere Beachtung, als damit auch absolute Zeitmaße, bestimmte Angaben nach Jahrtausenden, für die Dauer bestimmter geologischer Vorgänge gegeben wären. Leider aber ist auch diese Auffassung, die durch Adhémar, Croll, Pilar, Wallace und andre in geistreicher Weise ausgebildet worden ist, einer genauern Prüfung gegenüber nicht stichhaltig. In erster Linie stimmt schon die notwendig daraus folgende Annahme von periodisch häufig wiederkehrender starker Abkühlung im ganzen Verlaufe der Erdgeschichte durchaus nicht mit unsern Erfahrungen; wir haben in vereinzelten, ganz bestimmten Abschnitten der ältern Perioden Spuren niedriger Temperatur gefunden, aber keine der beobachteten Erscheinungen gestattet, auf eine oftmalige Wiederholung zu schließen. Vergebens sucht man z. B. im Verlaufe der Tertiärformation nach den Anzeichen der Kälteperioden, die vor 800,000 und vor $2^1/_2$ Millionen Jahren stattgefunden haben sollen. Wohl sind einige sehr gewundene Versuche gemacht worden, darüber Rechenschaft zu geben, warum sich solche Spuren nicht erhalten konnten, allein keiner derselben kann auch nur im entferntesten befriedigen. Gehen wir weiter, so finden wir, daß auch der Nachweis, daß starke Exzentrizität Kälte mit sich bringt, sehr viel zu wünschen übrigläßt; bei allen diesen Schlüssen spielt die Annahme, daß die Meeresströmungen

bedeutende Veränderungen erlitten haben, eine sehr wichtige Rolle, namentlich sollen die aus den Tropengegenden nach der nördlichen Halbkugel fließenden Warmwasserströmungen aufgehört und sich der südlichen Erdhälfte zugewendet haben; allein wir wissen aus dem früher Gesagten, daß der Golfstrom auch während der diluvialen Eiszeit seinen normalen Verlauf gehabt hat, und damit wird eins der wichtigsten Glieder aus der Kette der Folgerungen gebrochen.

Endlich finden wir aber noch, daß die Grundlage der ganzen Theorie eine vollständig haltlose ist, indem ein Beweis dafür, daß derartige Perioden starker Exzentrizität vorkommen, durchaus nicht existiert. Die mathematischen Formeln, mit deren Hilfe man die thatsächliche Existenz berechnet hat, gründen sich auf Beobachtungen über die Gestalt der Erdbahn, welche einen außerordentlich kurzen Zeitraum umfassen, und infolgedessen sind auch deren Resultate nur richtig, solange man sie auch wieder auf die Berechnung der Änderungen während kurzer Zeiträume anwendet. Sowie man aber die Gültigkeit der Formeln ausdehnen und, wie es geschehen ist, sie auf lange Zeiträume übertragen will, ergeben sich falsche und ungenaue Resultate.

So ist denn keiner der mannigfaltigen Erklärungsversuche brauchbar. Ehe wir aber diesen Gegenstand verlassen, müssen wir nur noch einen Punkt erwägen, welcher für jede künftige Entscheidung von größter Bedeutung ist. Wir wissen, daß sowohl die nördliche als die südliche Halbkugel vereist war, und die meisten Hypothesen, welche die Abkühlung der Temperatur während der Eiszeit auf Änderungen in der Exzentrizität der Erdbahn zurückführen, sehen sich zu der Annahme gezwungen, daß die Vereisung im Norden und Süden nicht gleichzeitig, sondern abwechselnd eintrat, so daß der Interglazialzeit des Nordens ein Maximum der Vergletscherung im Süden entsprach. Es ist das eine Frage, welche bei jedem Erklärungsversuche in erster Linie berücksichtigt werden muß, und der wir daher auch hier einige Aufmerksamkeit zuwenden müssen. Schon bei einer frühern Gelegenheit (s. Bd. I, S. 358) wurden Gründe gegen eine Abwechselung der Eiszeiten angeführt, soweit sie mit dem dort besprochenen Gegenstande zusammenhingen, und wir werden hier weitere Bestätigungen finden. So können wir bei einem Wechsel sehr wohl einsehen, wie die gemäßigten und dem Pole genäherten Regionen abgekühlt werden, aber in tropischen Gebieten dürfte sich nichts derartiges zeigen, und wir können daher mit Penck das Auftreten alter Gletscherspuren in der Sierra di Santa Marta in Kolumbien und in den Anden von Merida als einen entschiedenen Beweis dafür betrachten, daß die Vereisung auf der nördlichen und der südlichen Halbkugel gleichzeitig stattfand.

Einen andern Beweis in derselben Richtung liefern die Glazialablagerungen von Südamerika und Neuseeland. Wäre wirklich abwechselnd die nördliche und südliche Halbkugel mit entgegengesetztem Klima ausgerüstet, so dürfte auch der jetzige Zustand, in welchem die letztere entschieden kühler ist, und deren Gletscher weit tiefer herabreichen, folgerichtig nicht als ein normaler und bleibender betrachtet werden. Wir müßten im Gegenteile annehmen, wie das auch von allen Vertretern der abwechselnden Eiszeiten geschieht, daß bald die eine, bald die andre Hemisphäre die wärmere ist, und die südliche wäre demnach jetzt der vergangenen oder einer kommenden Eiszeit erheblich näher als die nördliche, es müßte sich also auch ergeben, daß der Unterschied, welcher den jetzigen Zustand von dem letzten Maximum der Vereisung trennt, bei uns ein viel größerer sei als auf der südlichen Halbkugel, es müßte also auf dieser letztern der Unterschied zwischen diluvialen und jetzigen Gletschern ein weit kleinerer sein als bei uns. Das ist aber nicht der Fall; in Neuseeland reichten die Gletscher bei 40° Entfernung vom Äquator bis ans Meer, also in einer etwa der Lage von Neapel entsprechenden Breite, und dasselbe ist auch in Südamerika der Fall. Wir sehen also, daß auf der südlichen Halbkugel die Vereisung auch während der Diluvialzeit eine intensivere war als bei uns, die Verhältnisse

sind also die gleichen geblieben, nur dem Grade nach sind Abweichungen zwischen sonst und jetzt in beiden Regionen gleichmäßig vorhanden, und somit darf die Hypothese von den abwechselnden Eiszeiten als vollständig widerlegt betrachtet werden.

Fassen wir alles zusammen, so können wir sagen, daß während der diluvialen Eiszeit aller Wahrscheinlichkeit nach über die ganze Erde eine Erniedrigung der Temperatur stattfand, daß wir aber weder über deren Ursache noch auch über die Dauer der Erscheinung, in Jahren ausgedrückt, irgend etwas wissen oder auch nur eine Hypothese mit dem Scheine einer stichhaltigen Begründung aufzustellen vermögen; wir sind nur im stande, zu sagen, daß es sich nicht um lokale Ursachen handeln kann. Wir müssen aber auch beifügen, daß wohl auf lange Zeit hinaus jeder Versuch einer Erklärung als durchaus fruchtlos erscheinen muß, weil wir die entscheidenden Thatsachen noch viel zu wenig kennen, um ein richtiges Urteil zu fällen. Vor allem ist es notwendig, auf einen Punkt aufmerksam zu machen, der bisher viel zu wenig beachtet worden ist; die klimatischen Verhältnisse der Diluvialzeit sind die bestbekannte Episode in der Geschichte der Temperaturveränderungen auf der Erde, aber sie bilden doch nur einen verschwindend kleinen, wenn auch sehr wichtigen und interessanten Teil jener Veränderungen, die seit ungezählten Jahrmillionen vor sich gehen. Es ist daher auch trotz alles Studiums nicht möglich, sich aus diesem überaus beschränkten Abschnitte ein richtiges Urteil zu bilden. Wir müssen vor allem die klimatischen Verhältnisse auch der frühern Perioden kennen zu lernen suchen, und dann wird sich vielleicht die Erklärung leichter ergeben, als man jetzt glaubt, vorläufig aber sind Grad und Verteilung der Wärme in den frühern Perioden ein Buch mit sieben Siegeln, ein unlösliches Gewirr von unverständlichen und widerspruchsvollen Erscheinungen, mögen wir nun an die paläozoischen Riffkorallen im hohen Norden, an die Karbonflora auf Spitzbergen, an die Geschiebeablagerungen im Karbon Indiens, Australiens und Südafrikas, an die Kreide- und Tertiärfloren des hohen Nordens oder an die diluvialen Eismassen denken. Hier wirken uns noch durchaus unbekannte und unverständliche Faktoren, deren Bedeutung mit unsrer geringen Kenntnis der Thatsachen sich nicht entziffern läßt. Diese letztere zu vermehren, wird noch lange das einzige erreichbare Ziel sein, die Erklärung müssen wir wohl einer künftigen Generation überlassen.

Geologische Zeiträume.

Wir haben die lange Reihe der geologischen Formationen kennen gelernt, innerhalb deren sich der einer nähern Erforschung zugängliche Teil der Erdgeschichte abspielt, in endlosem Wechsel folgen Tier- und Pflanzengesellschaften aufeinander, Meere und Festländer sind Veränderungen unterworfen, und aus den dürftigen uns erhaltenen Überresten all diese Vorgänge zu entziffern, ist die Aufgabe der historischen Geologie. Soweit als möglich haben wir die Reihenfolge der Erscheinungen kennen zu lernen gesucht, von dem ersten Auftreten erkennbarer und sicher deutbarer Organismenreste bis zum Beginne der Jetztwelt, aber abgesehen von dieser Periode, in welcher die Versteinerungen als Merkzeichen uns leiteten, eröffnete sich der Ausblick in eine noch frühere Urzeit, in die archäische Epoche, aus welcher keine bestimmbaren Tier- und Pflanzenreste vorliegen, in welcher aber Organismen gelebt haben müssen; nur die fossilfreien Gesteine jener Zeit sind uns erhalten, kristallinische Schiefer, Marmor &c., welche uns einen überaus langen, aber durchaus rätselhaften Abschnitt der Erdgeschichte repräsentieren, dessen Dauer vermutlich diejenige aller darauf folgenden fossilführenden Formationen übertrifft. Während uns ein richtiger Überblick über die archäischen Ablagerungen und eine der Kritik standhaltende allgemeine

Gliederung derselben noch fehlt, können wir die Reihenfolge der spätern Bildungen genau bestimmen und die einander zeitlich entsprechenden Schichtglieder und Faunen selbst in weit voneinander entfernten Gegenden wiedererkennen. Wenn dies aber auch möglich ist und die geologische Systematik in dieser Richtung sogar ziemlich ausgebildet erscheint, so zeigt doch diese geschichtliche Darstellung eine sehr große und wesentliche Schwäche in dem vollständigen Mangel einer Zeitbestimmung; man kennt nur die Reihenfolge, das relative Alter, aber wir haben keine Ahnung von der wirklichen Dauer der seit Beginn der kambrischen Formation verflossenen Zeiträume oder irgend eines Teiles derselben.

Allerdings hat es nicht an einer Menge von Versuchen gefehlt, um die Zahl der Jahre, Jahrtausende oder Jahrmillionen zu bestimmen, um welche es sich dabei handelt, aber bisher ohne jeden Erfolg. Von der ersten kindlichen Auffassung, welche die ganze geologische Geschichte in die 6000 Jahre des mosaischen Berichtes zusammenzudrängen suchte, bis zu den scharfsinnigen Untersuchungen der neuen Zeit, welche sich auf die Wärmezunahme der Gesteine gegen die Tiefe, auf die Masse der Gesamtheit der Sedimente oder auf die Änderungen in der Exzentrizität der Erdbahn und ihren Zusammenhang mit dem Eintreten von Kälteperioden stützen, kann keine der Berechnungen auch nur den mindesten Anspruch auf Zuverlässigkeit machen. Sie sind nicht nur etwa ungenau, sondern die Grundlagen sind durchaus nichtig, und keine derselben kann sich rühmen, auch nur eine rohe Annäherung an die Wahrheit darzustellen.

Daß die Zunahme der Wärme in der Tiefe und die Exzentrizität der Erdbahn keine genügenden Anhaltspunkte gewähren, wurde schon früher erwähnt (s. Bd. I, S. 134, Bd. II, S. 647), und auch die Masse der Sedimente läßt uns bei jedem Versuche, sie zur Grundlage der Vermutungen zu machen, vollständig im Stiche. Wir haben von der Mächtigkeit der Ablagerungen in den großen ozeanischen Becken, die vor allem den Ausschlag geben, nicht die leiseste Vorstellung, und überdies rührt weitaus der größte Teil des Materiales, das heute durch die Flüsse oder durch die Wirkung der Brandung ins Meer gelangt, von der Zerstörung geschichteter Gesteine her, dasselbe Material ist vielleicht im Laufe der geologischen Geschichte schon zwölfmal oder öfter umgelagert worden, und so fehlt auch hier jede Möglichkeit und Berechtigung zu weitergehenden Schlüssen. Eher kann noch denjenigen Versuchen ein gewisser Grad von Berechtigung zuerkannt werden, welche nur die Dauer kleiner Abschnitte und zunächst des letzten unter diesen zu berechnen suchen. Man beobachtet die geologische Wirkung, welche irgend ein Faktor heute ausübt, und sucht daraus abzuleiten, wie lange derselbe brauchte, um eine bestimmte bekannte Leistung zu verrichten. Eins der bekanntesten Beispiele dieser Art bietet der Niagarafall in Nordamerika; derselbe unterwäscht fortwährend den Fuß der Felsstufe, über welche seine Wassermassen herabstürzen, die obern Partien brechen dann nach, und so geht der Wasserfall fortwährend zurück und wird endlich in einer Anzahl von Jahrtausenden am Rande des Eriesees ankommen. Nun stellt unterhalb des Falles das Strombett eine verhältnismäßig schmale Rinne von etwa 7 englischen Meilen Länge mit fast senkrechten Wänden dar, welche offenbar durch das Rückschreiten des Falles und zwar, wie sich nachweisen läßt, seit dem Ende der Eiszeit gebildet worden ist. In der Jetztzeit soll der Rückgang etwa einen Fuß jährlich betragen, und man schließt daraus, daß zur Bildung des ganzen Einschnittes 35,000 Jahre verflossen seien. Andre nehmen an, daß die Zerstörung der Wand dreimal schneller vor sich gehe, und kommen dadurch zu einer Dauer von nicht ganz 12,000 Jahren. Allein ganz abgesehen von diesem Unterschiede der Auffassung und von dem Umstande, daß wir den wahren Durchschnittsbetrag für die Jetztzeit gar nicht kennen, ist die ganze Berechnung höchst unverläßlich; so hängt z. B. die Geschwindigkeit der Zerstörung sehr von der Beschaffenheit der Gesteinsbank ab, auf welche die Wassermasse beim Falle aufprallt, und diese ist an

verschiedenen Punkten eine sehr verschiedene; ferner war wahrscheinlich nach Schluß der Eiszeit die Wassermasse eine größere, ihre Wirkung eine bedeutendere als jetzt; dagegen war die Fallhöhe anfangs doppelt so groß als heute, die Masse des zu zerstörenden Materiales also doppelt so groß, und so sehen wir eine solche Menge von Fehlerquellen, daß es gar nicht möglich ist, zu einem einigermaßen sichern Schlusse zu gelangen.

Ähnlich verhält es sich mit einigen andern vielgenannten Zeitmaßen, mit den Anschwemmungen des Nils und Mississippi, mit den Schwankungen des Meeresspiegels an der schwedischen Küste &c., aus denen man je nach der persönlichen Auffassung Zeiträume von sehr verschiedener Länge herausgerechnet hat. In all diesen Fällen ist die positive Grundlage eine so überaus schwankende, daß man sich all den Zahlenangaben gegenüber äußerst mißtrauisch, ja geradezu ablehnend verhalten muß. Ist das schon bei Abschätzung der allerjüngsten Vergangenheit unsers Erdkörpers der Fall, so muß die Unsicherheit sich noch steigern, wenn man eine weit frühere Vorzeit in Betracht zieht, oder wenn man die ganze Dauer der Periode seit Beginn der kambrischen Formation abzuschätzen versucht, und es kann nicht wundernehmen, wenn der eine Forscher dafür so viel Milliarden von Jahren in Anspruch nimmt wie der andre Millionen. Kaum eine Frage wird häufiger von dem Laien an den Geologen gerichtet als die nach der Dauer der vergangenen Perioden, und kaum auf irgend eine Anfrage ist er so wenig im stande, eine bestimmte und befriedigende Antwort zu geben. Das einzige, was er sagen kann, ist, daß es sich um ungeheuer lange Zeiträume handelt, um Ziffern, von deren Größe und Bedeutung man sich kaum mehr eine Vorstellung zu machen im stande ist. Schon von dem, was eine Million Jahre bedeutet, macht man sich in der Regel keine Vorstellung, und daß es sich in der Erdgeschichte um sehr viele Millionen von Jahren handelt, daran zweifelt heute kaum irgend jemand mehr, der mit der historischen Geologie vertraut ist.

Ist es aber auch unmöglich, irgend eine Zahlenangabe zu machen, so ist es doch von Wichtigkeit, durch einige greifbare Beispiele von der enormen Dauer der geologischen Perioden eine Ahnung zu gewinnen. Den besten und verläßlichsten Maßstab für die Dauer eines Abschnittes bietet, wie oben erwähnt wurde (s. S 17 ff.), die Summe von Veränderungen, welche die einzelnen Organismenstämme und namentlich die häufigsten Formen der wirbellosen Meerestiere erlitten haben. Es wurde darauf die Einteilung in paläontologisch charakterisierte Zonen gegründet, wir haben gesehen, daß z. B. in der Juraformation mehr als 30 derartiger aufeinander folgender Entwickelungsphasen der Marinfauna unterschieden werden konnten, und in ähnlicher Weise verhält es sich bei den andern Formationen, wenn wir auch bei diesen die Zahl der Zonen noch nicht genau festsetzen können; jedenfalls aber ist seit der kambrischen Zeit eine außerordentlich große Zahl solcher Abschnitte vorübergegangen.

Betrachten wir nun die Marinfauna der jüngsten Perioden, so finden wir, daß die Konchylien und andre Typen der wirbellosen Tiere der diluvialen Fauna mit den jetzt lebenden vollständig übereinstimmen. Es haben Verschiebungen in der geographischen Verbreitung stattgefunden, aber in der Form der einzelnen Arten ist keine wahrnehmbare Veränderung eingetreten; erst wenn wir die Vorkommnisse des obern Pliocän zum Vergleiche heranziehen, finden wir schwache Unterschiede, so daß wir hier etwa einer andern Entwickelungsphase gegenüberstehen. Diluvium und Jetztzeit zusammen bilden nur eine Phase, wie deren z. B. die Juraformation über 30 umfaßt, mit andern Worten, es ist nur ein verschwindend kleiner und kurzer Abschnitt der Erdgeschichte, wie deren Hunderte seit Beginn der kambrischen Zeit verflossen sind. Und doch, wenn wir diese im Vergleiche zur Gesamtheit kleine Spanne der Entwickelung, die uns aber naheliegt und daher bis in ihre Einzelheiten bekannt ist, überblicken, welche außerordentliche Menge wichtiger Vorgänge drängt sich

in derselben zusammen, zu welch ungeheurer Länge dehnt sie sich aus, wenn wir sie nach dem Pygmäenmaßstabe der menschlichen Lebensdauer, nach unsern historischen Begriffen messen. In diesem Zeitraume finden wir zuerst warmes Klima in Europa, dann trat die Eiszeit ein, unterbrochen von einer mildern Zwischenperiode, endlich zog nach der letzten Vereisung allmählich das heutige Klima ein; Europa war während dieser Zeit zuerst ein Waldland, in einem spätern Zeitpunkte war ein großer Teil Steppe, endlich stellte sich wieder allmählich Waldwuchs ein. Ziemlich bedeutende Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land gingen in dieser Zeit vor sich, Malta und Sizilien wurden von Afrika getrennt, der Isthmus von Suez bildete sich, das ägeische Becken wurde vollends vom Meere überflutet, das Schwarze Meer trat in Verbindung mit diesem, das Kaspische Meer, anfangs im Zusammenhange mit jenem, wurde abgetrennt und dampfte dann so weit ein, daß sein Spiegel heute mehr als 25 m unter demjenigen des Schwarzen Meeres liegt. Außerhalb Europa wurde die Verbindung zwischen dem nordöstlichen Asien und dem nordwestlichen Amerika zerrissen, und wahrscheinlich gingen noch andre gewaltige Veränderungen in der Verteilung von Wasser und Land, namentlich in der Region der ostasiatischen Festoninseln, vor sich. Auch im Stande des Meeres traten während dieser Zeit große Schwankungen ein, dasselbe griff namentlich im hohen Norden außerordentlich um sich, ja wir finden diluviale Muschelbänke dort bis zu mehr als 300 m über dem jetzigen Meeresspiegel.

All diese großartigen Veränderungen gingen während eines Abschnittes vor sich, der doch nur einen Moment in der Erdgeschichte darstellt; noch eindringlicher wird uns aber die Dauer derselben vor Augen gestellt, wenn wir die Einzelwirkung des Wassers während dieser Zeit etwas näher ins Auge fassen, wie sie sich teils in der Aufschüttung von Material, teils in der Denudation und Thalbildung zu erkennen gibt. Wir wissen, welch ungeheure Mengen von Gerölle, Schlamm, Sand die Flüsse überall aufgeschüttet haben, die riesigen Schwemmländer des Rheines, der Donau, des Po, des Nils, des Hoangho, des Mississippi zeigen uns die gewaltigen Massenbewegungen, welche hier stattgefunden haben. Von den Seen, die sich am Rande der Alpen während der Diluvialzeit gebildet haben, sind manche seit dem Ende der Eiszeit schon ganz wieder zugeschüttet worden.

Es mag hier nur an zwei Beispiele näher erinnert werden, welche wir schon früher besprochen haben, und welche ganz besonders geeignet sind, die Länge der seit Beginn des Diluvium abgelaufenen Zeit zu veranschaulichen. Den einen Fall bieten uns jene großen Binnenseen, welche in dem Großen Becken zwischen Sierra Nevada und Rocky Mountains im westlichen Nordamerika vorhanden waren (s. oben, S. 631). Der Bonnevillesee, welcher auf seinem Höhepunkte ein Areal etwa zwei Drittel so groß als das Königreich Bayern bedeckte, war zu Beginn der Diluvialzeit noch nicht von besonderer Größe: erst mit dem Eintritte einer feuchten Periode, welche der Eiszeit entspricht, schwoll er an und stieg bis gegen 300 m über dem frühern Stande; während der Zeit dieser großen Ausdehnung lagerte sich gelber Thon in einer Mächtigkeit von 30 m ab, dann verdunstete das Wasser zum größten Teile wieder; auf dem nun trocken gelegten Seeboden entwickelte sich ein Flußsystem, und es bildeten sich Ablagerungen von fluviatilen Geröllen in den Furchen des teilweise denudierten gelben Thones. Dann trat wieder eine feuchtere Periode ein, der See stieg abermals, noch höher als früher, bis zu einem Niveau von 330 m über dem tiefsten Punkte des heutigen Bonneville-Beckens, und es lagerten sich 3—6 m eines kreideartigen Süßwassermergels ab. Der See war nun so hoch gestiegen, daß das Wasser über seine Ränder abfließen konnte, und dieser Abfluß konnte allmählich sein Bett vertiefen bis zu einem Betrage von fast 130 m! Endlich schrumpfte der See wieder ein, und als ein Rest desselben bleibt heute nur noch der Salzsee der Mormonenstadt in Utah zurück. Diese gewaltigen Schwankungen, diese massenhafte Sedimentbildung, die Ausnagung

eines 130 m tiefen Thales, all das fällt auf den Abschnitt der Diluvialperiode, welcher anderwärts durch die Eiszeit vertreten ist. Jeder Versuch, die Dauer dieser Geschehnisse in Jahren auszudrücken, wäre vergeblich und kein irgend genügender Anhaltspunkt dazu gegeben, nur das eine kann man mit voller Bestimmtheit sagen, daß der hierzu erforderliche Zeitraum ein überaus langer gewesen sein muß, dem gegenüber die wenigen Jahrtausende unsrer historischen Zeit eine sehr unbedeutende Rolle spielen.

Zu derselben Überzeugung kommen wir bei Betrachtung des Betrages an Erosion und Ausnagung, welche der Rio Colorado durch die Bildung seiner tief eingeschnittenen Thalschluchten in Arizona, des „Großen Cañon", geleistet hat (s. Bd. I, S. 448—453). Diese gewaltigste Schlucht der Erde, welche über 200 englische Meilen lang, 5—12 Meilen breit und bis zu 2000 m Tiefe in die umgebende Plateaufläche eingeschnitten ist, hat der Colorado im Laufe zahlloser Jahrhunderte ausgenagt; allerdings ist diese ungeheure Wirkung nicht während der Diluvialzeit erzielt worden, sondern der Beginn geht nach den amerikanischen Geologen bis zum Anfang der jüngsten Abteilung des Tertiär, des Pliocän, zurück; aber immerhin ist das eine, geologisch gesprochen, noch sehr junge Vergangenheit, und wir können auch hier nur zugestehen, daß es sich um Zeiträume von einer Länge handeln muß, für die uns die genaue Vorstellung fehlt.

Es bedarf kaum eines weitern Wortes, um hervorzuheben, welche ungeheure Dauer der Gesamtheit der fossilführenden Formationen zukommt, wenn schon die letzten Ausläufer sich uns in so gewaltigem Maßstabe darstellen. Nehmen wir vollends noch die Zeit hinzu, während deren die archäischen Ablagerungen gebildet worden sind, so verliert sich unser Blick in eine so entlegene Vergangenheit, daß man bei dem Versuche, sich von deren Betrage eine Vorstellung zu machen, unwillkürlich das Gefühl eines Mannes empfindet, der von einem sehr hoch gelegenen Punkte in schwindelnde Tiefe hinabblickt, in deren Grunde er einzelne Gegenstände zu unterscheiden sich vergeblich bemüht.

II. Topographische Geologie.

9. Die Gebirge der Erde.

Inhalt: Verbreitung der jungen Kettengebirge auf der Erde. — Lage und Zusammenhang der südeuropäischen Ketten. — Die Alpen. — Die Karpathen. — Das westeuropäische Schollenland. — Die russisch-skandinavische Tafel und Sibirien. — Afrika und die vorderindische Halbinsel. — Die asiatischen Kettengebirge, China und Australien. — Amerika.

Verbreitung der jungen Kettengebirge auf der Erde.

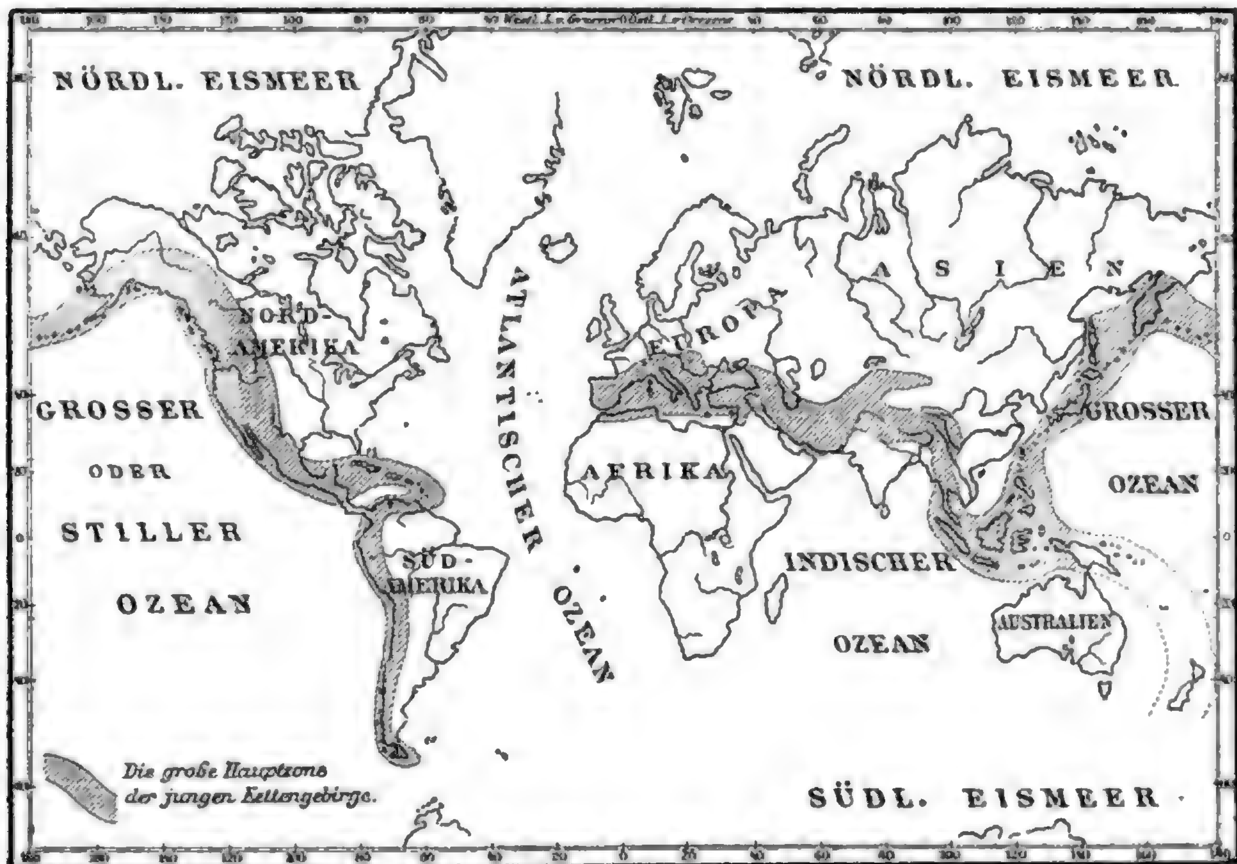
Bei der bisherigen Darstellung ist einer der wichtigsten Teile des geologischen Forschungsgebietes so ziemlich unberührt geblieben, nämlich die Schilderung des wirklichen Baues der einzelnen Länder der Erde; es ist das die Aufgabe der topographischen Geologie, welche bis zu einem gewissen Grade ein Grenzgebiet gegen die Geographie darstellt.

Unter all den verschiedenen Zweigen unsrer Wissenschaft wird wohl keinem andern so viel Aufmerksamkeit und Arbeitskraft gewidmet als diesem. In erster Linie dienen ihm die von den Regierungen angeordneten geologischen Landesaufnahmen, welche jetzt in allen zivilisierten Staaten und in der Mehrzahl ihrer Kolonien der praktischen Bedeutung der Sache wegen auf öffentliche Kosten eingerichtet sind, und neben ihnen arbeitet eine außerordentlich große Menge andrer Forscher in ähnlicher Weise. Dem entsprechend sind auch die Ergebnisse sehr bedeutende, die Menge der Beobachtungen eine ganz ungeheure; trotzdem dürfen wir auf diesen Gegenstand nicht allzutief eingehen, wir können uns hier nicht mit einer genauern Schilderung aller Länder der Erde befassen; es sollen nur einige der wichtigsten Hauptzüge skizziert und einzelne durch ihre Lage oder die Eigentümlichkeiten ihres Baues besonders interessante Gegenden etwas näher besprochen werden.

Um einen Einblick in die verschiedenen Haupttypen der geologischen Entwickelung zu erhalten, scheint es auf den ersten Blick am einfachsten, zwischen Gebieten mit ungestörter, wagerechter Lagerung und solchen zu unterscheiden, in welchen die Schichten gefaltet und aufgerichtet sind. Eine solche Einteilung ist aber nicht durchführbar, denn einerseits gibt es keine Gegend auf dem festen Lande, wo nicht wenigstens die allerältesten, archäischen, Ablagerungen mächtig aufgestaut wären, und anderseits ist in keinem Gebirge die Bewegung in neuester Zeit hinreichend gewesen, um eine merkliche Neigung der allerjüngsten Bildungen hervorzubringen. Es erweist sich als zweckmäßiger, ein andres Merkmal zu wählen, und zwar ist am geeignetsten hierzu die Zeit, in welcher eine Gegend zum letztenmal von Faltungs- und Aufrichtungsbewegungen betroffen worden ist. Wir erhalten dadurch landschaftlich, geologisch und geographisch charakteristische Gruppen, nämlich die jungen Kettengebirge einerseits, die Massengebirge und horizontalen Schichttafeln anderseits. Wir fassen zu diesem Zwecke diejenigen Gebiete der Erdoberfläche,

in welchen nach Beginn des Tertiär noch Faltung in größerm Maße stattgefunden hat, zusammen und stellen sie denjenigen gegenüber, in welchen eine Horizontalverschiebung seither nicht mehr eingetreten ist.

Es ist nicht notwendig, hier auf den bei einer frühern Gelegenheit besprochenen Charakter der Kettengebirge ausführlich zurückzukommen: ausgesprochene Längenentwickelung, deutliche Faltung, hervorragende Kamm- und Gipfelbildung, endlich deutliches Hervortreten der tektonischen Linien in den äußern Formen der Bergzüge sind ihre wesentlichsten Eigenschaften. Allerdings dürfen wir hier so wenig wie bei irgend einer der andern künstlichen Einteilungen, durch die wir uns den Überblick zu erleichtern suchen, eine vollständig befriedigende Gruppierung erwarten, die in keinem Falle einen Zweifel übrigläßt und jedes Ge-



Verbreitung der jungen Kettengebirge. Vgl. Text, S. 656.

biet durchaus naturgemäß der einen oder der andern Abteilung zuweist. Wir finden im Gegenteile, wie es zu erwarten ist, gewisse Bergsysteme, welche in vieler Beziehung eine Zwischenstellung einnehmen und z. B. trotz höhern Alters ausgezeichnete Längenentwickelung oder einzelne andre Merkmale junger Kettengebirge erkennen lassen, wie das beim Ural und in Amerika bei den Appalachen der Fall ist. Abgesehen von einigen derartigen Ausnahmen, ist der Gegensatz zwischen jungen Kettengebirgen und dem übrigen Lande ein sehr scharfer, und wir finden, daß nicht nur die einzelnen Ketten sich von ihrer Umgebung abheben, sondern auch von einem weitern Gesichtspunkte aus können wir für die bekannten Teile der Erdoberfläche einzelne gewaltige Zonen unterscheiden, in welchen sich die Kettengebirge zusammendrängen, während sie den übrigen Gebieten fehlen. Allerdings finden wir auch in jenen Strecken junger Faltenbildung nicht ausschließlich zu Ketten aufgetürmte Schollen, sondern im mannigfaltigsten Wechsel treten neben diesen auch Senkungsfelder an deren Rändern sowie einzelne Stücke alter Massen auf, welche wie unbewegte Pfeiler zwischen den gefalteten oder abgesunkenen Massen stehen geblieben sind.

Wir wollen, wesentlich an der Hand der Untersuchungen von Sueß, die Verbreitung der Regionen junger Kettenbildung verfolgen (s. die Karte auf S. 655); die große Hauptzone beginnt in Europa an der Küste des Atlantischen Ozeanes, wo ihr ganz Spanien und der französische Nordabfall der Pyrenäen angehören; sie greift vom südlichen Spanien über die Straße von Gibraltar nach Nordafrika über, wo ihr die Gebirge von Marokko, Algerien und Tunis zufallen. In Europa umfaßt dieselbe ferner das Juragebirge, die Alpen, Karpathen und den Balkan sowie alles, was südlich von diesen Gebirgen liegt, also Italien und die Balkanhalbinsel sowie alle Inseln des Mittelmeeres, während die Nordküste von Afrika östlich von Tunis schon vollständig verschiedenen Charakter zeigt und eine horizontale Tafel bildet. Weiter nach Osten fallen in diese Zone die Krim, der Kaukasus und Kleinasien, ferner das iranische Hochland und der Hindukusch. Wir gelangen nun an die großartigsten Erhebungen der Erde; vom „Dache der Welt“, vom Pamir, der Quellregion des Oxus und der Ströme von Kaschgar und Jarkand, geht im Norden ein mächtiger Ast ab, der gewaltige Thianschan, der die große mongolische Wüste nach Norden begrenzt; ob und in welcher Weise von da an nach Nordosten, nach den Jablonowoi- und Stanowoigebirge und gegen die Nordostspitze von Asien, eine Fortsetzung stattfindet, ist noch durchaus unsicher, da diese Gegenden noch fast vollständig unbekannt sind.

Wir kehren zum Hindukusch und Pamir zurück, von ihnen geht die Hauptfortsetzung der großen Kettengebirgszone südlich von der Wüste Gobi aus; ihr gehören die höchsten Erhebungen der Erde an, der Himalaja, der Karakorum, der Kuenlün und das ganze tibetanische Hochland. Nun tritt eine vollständige Änderung der Richtung, eine Schwenkung nach Süden, ein, es folgen die von Norden nach Süden streichenden Ketten von Arakan, Birma, der Malayischen Halbinsel, denen sich dann weiterhin die ebenfalls nach Kettentypus gebauten Sunda-Inseln, Sumatra, Java &c. anschließen. Nun findet eine außerordentlich scharfe Umbiegung nach Nordosten statt, und wir sehen die weitere Fortsetzung unsrer Zone in der langen Kette der Festoninseln, welche von Borneo bis Kamtschatka die Ostküste von Asien begleiten.

Hier verläßt der weitere Verlauf die Alte Welt, die Inselreihe der Alëuten, ein großenteils unterseeisches Gebirge, bildet die Verbindung mit Nordamerika, wo parallel der Westküste eine Reihe mächtiger Ketten nach Südosten bis Süden streichen, das Kaskadengebirge, die Sierra Nevada, die Rocky Mountains und die zwischen diesen befindlichen Bergzüge. Die Ausläufer erstrecken sich durch Mexiko nach dem nordwestlichen Teile von Zentralamerika, wo plötzlich eine vollständige Änderung der Richtung eintritt. Statt dem Verlaufe des Festlandes gegen Panama zu folgen, schwenken die Ketten nach Nordosten um, ihre Fortsetzung findet sich nicht im südöstlichen Teile von Zentralamerika, sondern in dem großen Inselbogen der Antillen, der sich mit der Insel Trinidad an die Küste von Südamerika anschließt. Hier treten nun die anfangs von Osten nach Westen, später von Nordosten nach Südwesten streichenden Ketten von Venezuela und Kolumbien auf; sie führen zu der Riesenmauer der südamerikanischen Anden hinüber, welche nun in ungeheurer Erstreckung vom Äquator bis zur Südspitze von Amerika, bis zu den sturmgepeitschten Felsen von Kap Horn, hinabstreicht.

Diesen verwickelten Verlauf läßt ein Blick auf die Karte rasch verfolgen; in den Hauptzügen läßt sich derselbe dahin zusammenfassen, daß die Hauptzone der Kettengebirge den Stillen Ozean im Osten, Norden und Westen umrahmt und sich von da, annähernd dem Verlaufe der Osthälfte des „zentralen Mittelmeeres“ der Jura- und Kreidezeit entsprechend, zwischen Indo-Afrika einerseits und die Hauptmasse von Europa und Asien anderseits einschiebt.

Die Zusammendrängung der großen Mehrzahl aller jungen Faltungen und Emporstauungen auf diese unregelmäßig verlaufende Zone bildet eine der merkwürdigsten und interessantesten Erscheinungen, welche uns die topographische Geologie lehrt, und sie wird mit der Zeit für das Verständnis des Wesens der Gebirgsbildung ausschlaggebende Bedeutung gewinnen, wenn wir auch heute die Ursache dieses Verhältnisses noch nicht kennen. Allerdings gibt das auf S. 655 eingefügte Kärtchen ein ganz rohes und nur in den aller allgemeinsten Umrissen richtiges Bild, das noch in zahlreichen Punkten der Ergänzung und der Bestätigung bedarf: so ist das Verhältnis des Altai in Zentralasien noch nicht aufgeklärt, und ebenso können wir die Beziehungen der vom Altai gegen die nordöstliche Ecke Asiens sich hinziehenden Gebirge noch nicht beurteilen. Die Art und Weise, in welcher die nordamerikanischen Gebirge sich durch Mexiko fortsetzen, ist noch ziemlich unbekannt, und ebenso ist die Rolle der gewaltigen Insel Borneo gegenüber den Kettengebirgen noch unklar.

Gesamtbild der Sinterterrassen des Tetaratabeckens am See Rotomahana auf Neuseeland.

Vor allem aber ist noch eine sehr wesentliche Ergänzung notwendig, die wir heute schon mit einiger Wahrscheinlichkeit angeben können. Das australische Festland ist eine alte Tafel, dagegen finden sich im Osten und Nordosten desselben, wie Sueß gezeigt hat, Bruchstücke eines Kettengebirges durch gebirgige Inseln vertreten, welche aus dem Stillen Ozeane hervorragen. Hierher gehört in erster Linie Neuseeland, ein unverkennbar in junger Zeit noch bewegtes Gebirgsland, das die Spuren neuer Thätigkeit der aufrichtenden Kräfte in der Menge seiner Vulkane, seiner Geiser und heißen Quellen erweist, welche zu den merkwürdigsten Erscheinungen dieser Art auf der ganzen Erde gehören (s. obenstehende Abbildung). Eine Fortsetzung des Gebirges, zu welchem Neuseeland gehört, wird durch Neukaledonien gebildet, und wenn wir auf der Karte die Richtung der Neubritannischen und der Salomo-Inseln betrachten, so wird die Vermutung wachgerufen, daß auch diese sich anschließen, und daß ebenso auch die hochgebirgige ostsüdöstliche Halbinsel von Neuguinea demselben Gebirge angehöre.

Wie sich nun auch die angeführten, noch zweifelhaften Punkte klären mögen, jedenfalls sehen wir die jüngern Faltungen auf gewisse zusammenhängende Gebiete beschränkt;

allerdings ist damit für den Rest der Erdoberfläche das Vorkommen neuerer Massenverschiebungen nicht ausgeschlossen, sie äußern sich aber hier, soweit sie überhaupt vorhanden sind, fast nur in einfacher Vertikalverschiebung, in dem Absinken von Schollen, an Brüchen oder Verwerfungen, während Faltungsbewegungen nur in sehr geringem Maße an ganz vereinzelten Stellen vorkommen.

Sehen wir so eine scharfe Unterscheidung zwischen den jungen Faltungsgebieten einerseits und den Platten und Massen anderseits, so ist damit doch nicht notwendig auch eine gute Abgrenzung in einer andern Beziehung, nämlich für die Verbreitung der einzelnen Ablagerungen, der einzelnen geologischen Formationen und ihrer Entwickelungsarten gegeben. Es ist von vornherein kein zwingender Grund einzusehen, weswegen an einer Grenze, bis zu welcher in einer frühen Vorzeit einmal das Meer reichte, oder an welcher innerhalb des Meeres ein Wechsel der Entwickelung stattfand, dann in späterer Zeit auch gerade die Faltenbildung aufgehört haben sollte. Trotzdem ist das sehr häufig der Fall; so sehen wir z. B. in den Alpen Jura und Kreide anders entwickelt als in den nördlich vorliegenden Teilen Deutschlands, der Schweiz und Frankreichs; für die Trias ist das wenigstens für die Alpen östlich vom Rheinthale in noch weit ausgeprägterer Weise der Fall, und solche Verhältnisse wiederholen sich außerordentlich häufig. Welches immer die nähere Ursache dieser außerordentlich wichtigen Erscheinung sein mag, jedenfalls werden wir daraus schließen müssen, daß die Richtung, welche die Falten einschlagen, und die Grenze, bis zu der sie sich erstrecken, in hohem Grade von der Natur der Ablagerungen beeinflußt werden, welche der Einwirkung der gebirgsbildenden Kräfte unterworfen sind. Im allgemeinen sind in der Regel die Sedimentablagerungen der Kettengebirge mehr hochmarin entwickelt und ist ihre Reihenfolge eine vollständigere als in den benachbarten ungefalteten Regionen. Diese Regel ist aber durchaus nicht ohne sehr wichtige Ausnahmen, und die Grenzen verschiedener Ausbildungsart der Sedimente und der Gebirgsfaltung treffen keineswegs so vollständig zusammen, daß man etwa der erstern einen ausschließlich bestimmenden Einfluß auf die letztere beimessen dürfte. So sehen wir z. B., daß die Trias der Westalpen sich in ihrer Ausbildung derjenigen der außeralpinen Gegenden viel mehr nähert als derjenigen der Ostalpen, und Ähnliches wiederholt sich noch sehr häufig.

Lage und Zusammenhang der südeuropäischen Ketten.

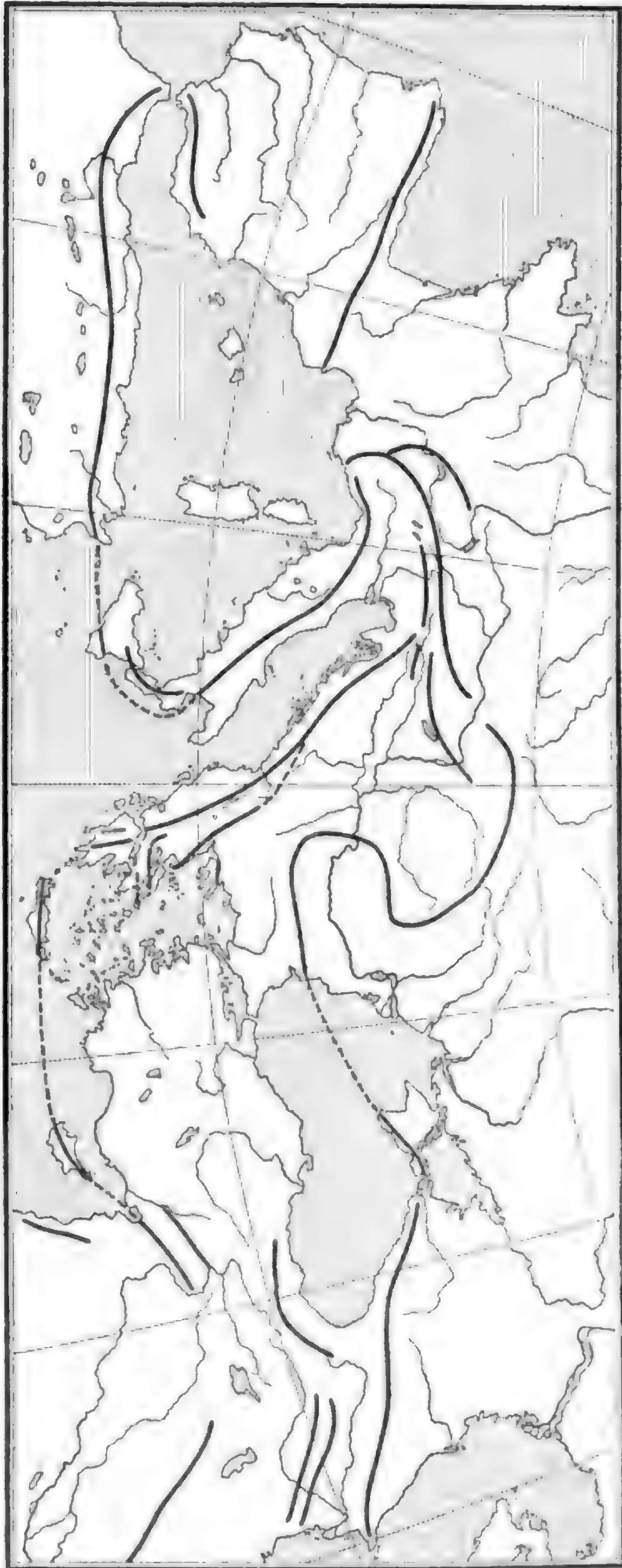
Es wurde schon hervorgehoben, daß die große Zone junger Kettengebirge nicht lauter junges Gebirge umfaßt, sondern daß sich zu diesem auch weite Senkungsfelder und mächtige Pfeiler alten Gebirges gesellen, welche von der Bewegung der benachbarten Regionen unberührt geblieben sind. So verhält es sich auch in dem europäischen Teile dieser Zone; das spanische Mittelgebirge, Sardinien, Corsica, eine Scholle alten Gebirges im südlichen Ungarn, in Kroatien und den angrenzenden Gebieten, endlich ein Teil von Thrakien sind alte Massen, die als Horste stehen geblieben sind; das Becken des Mittelmeeres mit seinen Anhängen, dem Tyrrhenischen und Adriatischen Meere, dem Griechischen Archipel und dem Schwarzen Meere, ferner die Poebene in Oberitalien und die ungarische Ebene stellen die hauptsächlichsten Senkungsfelder dar, und neben diesen abweichenden Elementen streichen die zahlreichen nach alpinem Typus gebauten Ketten nach sehr verschiedenen Richtungen.

Ein durchaus selbständiges Gebirge ohne nahen Zusammenhang mit den übrigen bilden die Pyrenäen, welche sich nicht nur durch ihre Lage, sondern auch durch das Alter der letzten großen, für ihre heutige Form entscheidenden Aufrichtungsbewegung unterscheiden. Die jüngste Schicht, welche gestört ist und an der Faltung teilnimmt, ist ein Konglomerat

welches dem untern Oligocän anzugehören scheint, während z. B. in den Alpen noch die untere Hälfte des Miocän von den Bewegungen mitbetroffen ist und anderwärts stellenweise sogar pliocäne Ablagerungen mit ziemlich starker Neigung an den Rändern der Gebirge auftreten. Auch sonst erhalten die Pyrenäen ein eigenartiges Gepräge durch die Menge der Serpentine und Ophite, durch das fast vollständige Fehlen jurassischer und die außerordentliche Entwickelung kretacischer Ablagerungen.

Um einen flüchtigen Überblick der andern Ketten Europas zu erhalten, wenden wir uns zunächst dem Golfe von Genua zu. Hier nehmen dicht nebeneinander zwei gewaltige Gebirge, die Alpen und die Apenninen, ihren Anfang, und mit ihnen stehen alle andern so weit in Verbindung, daß wir sie als Abzweigungen oder Fortsetzungen jener betrachten können (s. nebenstehende Kartenskizze).

Die Alpen beginnen am Golfe von Genua mit südost-nordwestlich gerichtetem Streichen, sie wenden sich dann zwischen Turin und Grenoble nach Norden, um bald in eine nordöstliche Richtung umzulenken, welche bis zum Bodensee anhält, hier tritt ostwestlicher Verlauf ein bis gegen das östliche Ende des Gebirges bei Wien und im östlichsten Steiermark, wo sich die verschiedenen alpinen Ketten teilen und als selbständige Gebirge nach weit voneinander abweichenden Richtungen ausstrahlen (siehe



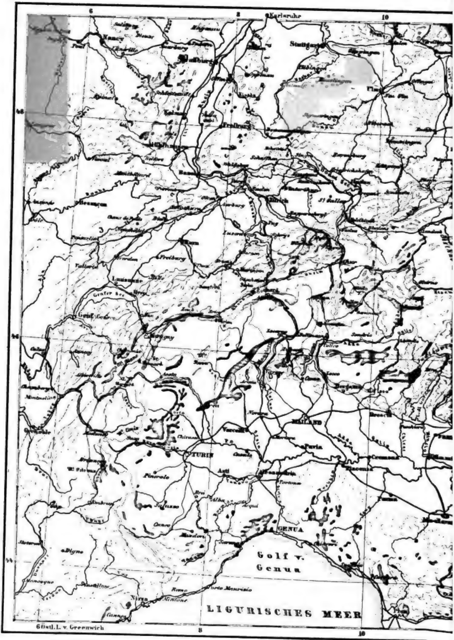
Verbreitung der Kettengebirge Europas und der angrenzenden Gebiete.

Bd. I, S. 324). Zwei außerordentlich wichtige und große Gebirge nehmen hier ihren Ursprung, die Karpathen im Nordosten und die binarischen Ketten im Südosten, während zwei unbedeutende Höhenzüge, das ungarische Mittelgebirge und die Jvancica, zwischen beiden Platz greifen, die wir für den Augenblick nicht weiter verfolgen wollen.

Wir betrachten zunächst die Karpathen. Von der nördlichen Zone der Alpen bei Wien abzweigend, umgeben sie in mächtigem Bogen das ganze ungarische Tiefland gegen Nordwesten, Norden und Nordosten und schlingen sich dann um die nördliche, östliche und südliche Seite des siebenbürgischen Kessels; an der Grenze zwischen Siebenbürgen, dem Banat und Rumänien angelangt, biegt sich nun die weitere Fortsetzung des karpathischen Zuges, wie Sueß gezeigt hat, nach Süden; in gewaltigen Felsengen, in einer Menge von Stromschnellen wird dieselbe hier von der Donau durchbrochen, dann wendet sich das Streichen der Bergkette auf serbischem und bulgarischem Gebiete nach Südosten und geht endlich in die langgestreckte mächtige Ostwestkette des Balkans über; am Kap Emineh bricht dessen östliches Ende gegen das Schwarze Meer ab, aber jenseit desselben stellen aller Wahrscheinlichkeit nach das Küstengebirge der Krim und weiterhin der Kaukasus die Fortsetzung dieser Kette dar.

Von kaum geringerer Bedeutung ist die südöstliche, binarische, Fortsetzung der Alpen, von deren südöstlichsten Zweigen, aus Krain und den benachbarten Gegenden, sich die neuen Ketten entwickeln; diesen gehört Istrien, Dalmatien und der westliche Teil von Bosnien und der Herzegowina an, ferner Montenegro und die albanischen Gebirge, über deren Bau wir allerdings noch wenig wissen. Weiter im Süden, wo wir wieder auf etwas besser erforschtes Gebiet stoßen, sehen wir zwei Hauptzüge, von denen der eine, der Pindus, in nordsüdlicher Richtung den Grenzkamm zwischen Thessalien und Epirus, weiterhin die Ätolischen und Akarnanischen Alpen bildet; dann tritt eine Unterbrechung durch den Golf von Korinth ein, aber südlich desselben finden wir die Fortsetzung in den den Peloponnes von Norden nach Süden durchziehenden Gebirgen, welche in den Vorgebirgen von Matapan und Malea das Mittelmeer erreichen. Außerdem aber zweigen von dem nordsüdlich verlaufenden Hauptstamme kleinere Ketten gegen Osten ab, sie bilden die Gebirge von Böotien, Attika und Euböa und ihre Fortsetzung, die Cykladischen Inseln, welche quer über den Griechischen Archipel von Europa nach Asien hinüberstreichen, und weiterhin vermutlich die Bergzüge, welche von der Westküste des südlichen Kleinasien in das Innere des geologisch noch sehr wenig bekannten Landes sich ausdehnen. Der zweite große Hauptzug, der aus Albanien kommt, ist jenes mächtige Gebirge, welches die thessalische Ebene nach Osten vom Meere trennt, der Olymp, der Ossa und Pelion bis hinab zum äußersten südöstlichen Ende der Magnesischen Halbinsel.

So sehen wir alle Kettengebirge des südöstlichen Europa mit den Alpen in innigem Zusammenhange stehen, man kann sie alle als Ausläufer der Alpen oder umgekehrt diese letztern als die Zusammenscharung der westlichen Enden aller Kettengebirge Südosteuropas betrachten. Eine annähernd ähnliche Bedeutung kommt nach Sueß für den Südwesten den Apenninen zu, welche neben den Alpen am Golfe von Genua ihren Anfang nehmen. Sie wenden sich nach Südosten und ziehen durch die ganze Erstreckung der Halbinsel bis an den Golf von Tarent und nach Kalabrien; hier tritt eine Biegung gegen Westen ein, und die Fortsetzung erscheint in westöstlicher Richtung auf Sizilien, sie setzt von da nach Nordafrika über und bildet die Ketten, welche Tunis und Algerien durchziehen und sich nach Marokko erstrecken; hier tritt eine abermalige Schwenkung nach Norden ein, der Bergzug setzt über die Straße von Gibraltar nach Spanien über, wendet sich dann abermals und zwar gegen Osten und bildet hier die großen andalusischen Gebirge, namentlich die Sierra Nevada.



Bibliographisches

Digitized by Google

Institut in Leipzig.

Die Alpen.

(Hierzu die beigeheftete Tafel „Geologische Karte der Alpen".)

Wenn wir auch für den Vorgang der Gebirgsbildung eine Ursache in der Schrumpfung des Erdinnern durch Abkühlung angeben können, so sind wir doch noch durchaus nicht im stande, das örtliche Auftreten von Ketten oder von Senkungsfeldern an den Punkten, welche sie in Wirklichkeit einnehmen, zu erklären. Zwar sind viele Versuche gemacht worden, auch in dieser Beziehung Aufklärung zu schaffen, ohne daß die großen Hauptzüge der Verbreitung uns dadurch verständlich geworden wären; doch können wir vielfach die Gründe für kleinere Abweichungen und Richtungsänderungen angeben, und wir sehen, daß wesentlich zwei Umstände in dieser Richtung von großer Bedeutung sind, die Lage alter Gebirgsmassen und der Verlauf der Grenze verschiedener Entwickelung der geschichteten Formationen.

Die alten Massen sind mächtige Anhäufungen stark aufgerichteter alter Gesteine, welche durch Denudation stark abgetragen sind, die Reste ehemals hoher Gebirge; sie bilden offenbar Stellen, an welchen die Erdrinde besondere Widerstandskraft entwickelt, und ihnen weichen die jüngern Ketten aus. Anders verhält es sich mit den Grenzen verschiedener Entwickelung der Sedimentablagerungen; wo solche zusammenstoßen, wird gewöhnlich in dem einen Gebiete die Mächtigkeit der Ablagerungen eine größere sein als in dem andern, und häufig auch werden damit Niveauunterschiede Hand in Hand gehen. Denken wir uns nun in einem solchen Gebiete eine Spannung der Kruste, die zum Bruche führt, so wird gerade auf der Grenze eine Stelle geringern Widerstandes vorhanden sein und die Gebirgsrichtung sich dieser anschließen. Wir sehen also, daß der Verlauf der Ketten sich in den Einzelheiten nach der größern oder geringern Widerstandskraft der Erdkruste richtet, und diese Abhängigkeit, besonders diejenige von den alten Massen, tritt gerade bei den Alpen sehr klar hervor, deren konvexer Außenrand durch eine Anzahl solcher kristallinischer Inseln gleichsam festgelegt ist. Eine erste Masse wird im Südwesten durch die Chaine des Maures, östlich von Toulon im südlichen Teile der Provence, und durch die gegenüberliegenden Hyèrischen Inseln gebildet, dann folgt gegen Norden das gewaltige Zentralplateau von Frankreich, ein weiteres, größtenteils durch jüngere Ablagerungen verhülltes Massiv deutet die kleine Granitpartie von Dôle, westlich von Besançon, an; weiterhin stellt sich dem Verlaufe die ursprünglich vereinigte Doppelmasse des Schwarzwaldes und der Vogesen entgegen und zwingt das Kettengebirge in eine fast ostwestliche Streichung, die es beibehält, da im Osten das große böhmische Massiv diesen Weg vorzeichnet. Daß die Linie der Alpen diese Richtung nicht nur zufällig einschlägt, sondern daß diese wirklich durch die mechanische Einwirkung der alten Massen bedingt ist, geht aus der Beobachtung der Lagerungsverhältnisse hervor, es stellen sich nämlich stets von der äußern Gebirgsgrenze her, von den Stellen aus, wo die alten Massen vorliegen, Störungslinien senkrecht zum Außenrande ein, welche besonders in der Nähe der böhmischen Masse in den österreichischen Nordalpen klar hervortreten. Sobald aber hier das östliche Ende des böhmischen Massivs passiert ist, tritt sofort eine mächtige Umschwenkung des nordöstlichsten Teiles der Alpen, namentlich des Wienerwaldes, in die nordöstliche, karpathische, Richtung ein.

Von großem Interesse sind die Beziehungen zwischen den Ablagerungen der Alpen und denjenigen des außeralpinen, namentlich des nach Norden und Westen vorliegenden Gebietes. Unter den ältesten Felsarten spielen Gneiße, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer und eine Reihe andrer Schiefergesteine eine sehr bedeutende Rolle, ohne daß gegen die Vorkommnisse außerhalb ein sehr beträchtlicher Unterschied vorhanden wäre.

Nicht alle kristallinischen Schiefer der Alpen sind übrigens archäischen Alters, wie bei einer frühern Gelegenheit erwähnt wurde (s. Bd. I, S. 620); vielfach sind auch die

paläozoischen Ablagerungen in solcher Art entwickelt, und an mehreren Punkten greifen kristallinische Schiefer selbst in die mesozoischen Formationen über; so sind in der Dauphiné und in der Schweiz Glimmerschiefer im Jura vorhanden, und in neuester Zeit hat Frech in der obersten Trias der Gegend südwestlich von Innsbruck Gneiße nachgewiesen. Darin liegt allerdings ein sehr bedeutender Unterschied gegen die nördlich vorliegenden Gegenden, wo alle kristallinischen Schiefer sehr alt und meist vor Beginn der paläozoischen Ära gebildet sind. Allein wir haben es offenbar hierin mit keiner jener Abweichungen zu thun, welche auf den Verlauf der Grenze der Alpen Einfluß genommen haben, denn auch innerhalb des letztern Gebirges finden sich die jüngern kristallinischen Schiefer nicht in den randlichen Zonen, sondern mehr dem Zentrum genähert; überdies haben wir gesehen, daß die Umwandlung von Schichtgesteinen zu kristallinischen Schiefern ein späterer Vorgang ist, der also nicht auf die Abgrenzung der Alpen eingewirkt haben kann. Auch sonst finden wir in der Entwickelung der paläozoischen Ablagerungen keinen bestimmt ausgesprochenen gemeinsamen Charakter; im Gegenteile bestehen zwischen den einzelnen Teilen der Alpen sehr bedeutende Unterschiede. Meeresbildungen paläozoischen Alters fehlen im ganzen Bereiche der Westalpen vollständig, während sie im Osten, namentlich in Steiermark, Kärnten, Krain, Friaul, in großer Verbreitung auftreten. Hier ist Silur vorhanden, das in seiner Ausbildung viele Ähnlichkeit mit demjenigen Böhmens zeigt, ferner die Devonbildungen von Graz, welche mit denjenigen Schlesiens und Mährens manche Beziehungen zeigen, endlich als verbreitetstes Glied marine Ablagerungen der Kohlenformation, welche nach ihrer ausgezeichneten Entwickelung im Wassergebiete der Gail in Kärnten als „Gailthaler Schichten" bezeichnet werden.

Bezüglich dieser letztern Gebilde können wir keine hervortretende Ähnlichkeit mit nahegelegenen außeralpinen Gegenden nachweisen, im Gegenteile erhalten sie durch das Auftreten von Fusulinenkalken ein von den mitteleuropäischen Verhältnissen durchaus abweichendes Gepräge, aber für das Silur und Devon zeigen die östlichsten Alpen mit den nördlich vorliegenden, außeralpinen Gegenden große Übereinstimmung, aber nicht die mindeste Ähnlichkeit mit den Vorkommnissen in Tirol, der Schweiz, in den Französischen, Lombardischen und Piemontesischen Alpen.

Pflanzenführende Binnenablagerungen der Kohlenformation treten in großer Verbreitung auf, von der Dauphiné bis zum Semmering bei Wien und bis nach Kroatien; die Ähnlichkeit dieser Vorkommnisse ist eine bedeutende, aber wir können darin keinen spezifisch alpinen Zug erkennen, denn abgesehen von der Metamorphose, die viele dieser Gesteine erlitten haben, stimmt ihr Charakter auch mit demjenigen außeralpiner Kohlenbildungen überein. Ähnlich verhält es sich auch mit den permischen Schichten, den jüngsten Vertretern der großen paläozoischen Periode; sie bestehen aus undeutlich geschichteten, mächtigen roten Sandsteinen (Grödener Sandstein), aus Porphyrtuffen, roten Konglomeraten und ähnlichen Gesteinen (Verrucano, Servino, Sernifit) und enthalten häufig Decken von Porphyr eingeschaltet, vor allem die große Bozener Porphyrtafel. Stellenweise finden sich Pflanzenreste, welche mit denjenigen des gleichalterigen Rotliegenden in Deutschland übereinstimmen; auch die Gesteinsentwickelung erinnert sehr an dieses, und so zeigen denn auch die permischen Bildungen keinen spezifisch alpinen Charakter, wenn sie sich auch in verschiedenen Teilen der Alpen ziemlich ähnlich sind.

Werfen wir einen Blick auf die paläozoischen Ablagerungen der Alpen zurück, so sehen wir, daß für den größern Teil der Periode ein scharfer Kontrast zwischen Ost- und Westalpen herrscht, daß während des Silur und Devon im Gegenteile alpine und außeralpine Gegenden im Osten ausgesprochene Übereinstimmung zeigen; und selbst da, wo gewisse paläozoische Horizonte sich durch die ganzen Alpen ähnlich bleiben, wird dadurch kein spezifisch alpiner Charakter bedingt, weil in diesen Fällen die gleichalterigen Ablagerungen außerhalb

des Gebirges dieselben Eigentümlichkeiten zeigen. Wir können also mit Bestimmtheit sagen *daß die Individualisierung des alpinen Gebietes, was den Charakter der Ablagerungen betrifft, in der paläozoischen Periode noch nicht begonnen hat.*

Diese Scheidung tritt erst in der mesozoischen Zeit ein und erreicht hier ihren Höhepunkt, aber sie ist zu Beginn dieses Abschnittes noch nicht vollzogen. Allerdings ist die sogenannte alpine Trias von der außeralpinen größtenteils sehr stark verschieden, wie ein Vergleich der Entwickelung in Tirol, dem Salzkammergut ꝛc. mit derjenigen in Franken, Schwaben oder in Oberschlesien ergibt; hier besteht die Trias zum großen Teile aus roten, teilweise auch weißen, grünen oder braunen Sandsteinen, Mergeln und Thonen, welche von Fossilien fast nur Landpflanzen und einige Wirbeltierreste enthalten, denen eine ziemlich mächtige marine Kalkbildung, der Muschelkalk, eingelagert ist; aber auch der Muschelkalk enthält hier keine Fauna des freien offenen Meeres, sondern er ist offenbar in einem umgrenzten Becken abgelagert, das mit dem offenen Ozeane nur in beschränkter Verbindung stand.

Ganz anders sind die Verhältnisse in den Ostalpen. Auch hier ist allerdings die untere Trias oft durch rote Sandsteine und Schiefer gebildet, welche mit dem außeralpinen Buntsandsteine große Ähnlichkeit zeigen. Im übrigen aber finden wir eine ganz entschieden dem offenen Meere angehörige Entwickelung, eine Fauna mit zahllosen Cephalopoden ꝛc., Kalk- und Dolomitmassen von ungeheurer Mächtigkeit, Korallenriffe, kurz Gesteine und Tierwelt in einer von dem mitteleuropäischen Typus so vollständig abweichenden Ausbildung, als nur immer möglich, so fremdartig für den von Norden her in die Alpen Kommenden, daß die Erkennung des Alters lange Zeit die größten Schwierigkeiten bot. Die Gesteine der Trias sind die eigentlichen Bergbildner in den beiden Kalkzonen der Ostalpen. Allein dieses Verhältnis ändert sich mit einem Schlage, sowie wir das Gebiet der Westalpen erreichen. Die ungeheuern Massen der Triaskalke und Dolomite sind fast spurlos verschwunden, sowie wir den Rhein überschreiten und die Schweiz betreten, so daß man sich kaum einen schroffern Gegensatz auf so geringe Entfernung denken kann, als er hier zu beiden Seiten des Flusses herrscht. Statt der oft weit über 1000 m messenden hochmarinen Entwickelung im Osten treten bunte Schiefer und Mergel auf, denen oft Dolomite von geringer Bedeutung sowie Rauchwacken beigesellt sind, eine Ausbildung, welche sich weit mehr an diejenige außerhalb der Alpen als an die ostalpine anschließt; und diesen Charakter behält die Trias vom Rheine bis an das Mittelländische Meer, durch die ganze Schweiz und Südfrankreich, bei. In der Trias ist also der Gegensatz zwischen den östlichen und westlichen Alpen schärfer denn je, und nur für die erstern ist eine durchaus eigenartige, der außeralpinen schroff gegenüberstehende Entwickelung vorhanden. Im Jura gleicht sich der Kontrast zwischen den östlichen und westlichen Alpen zum größern Teile aus, in beiden Gebieten herrscht verwandte Entwickelung, welche in sehr ähnlicher Weise auch in Italien, in den Karpathen und überhaupt in weiter Verbreitung in den südlichen Gegenden auftritt; der alpine Jura bildet, wie früher gezeigt wurde, einen nach Norden vorgeschobenen Vorposten der äquatorialen Entwickelung, während der Jura des außeralpinen Europa den Typus der gemäßigten Zone an sich trägt. Außerdem sind die alpinen Juraschichten durchschnittlich in tieferm Wasser abgesetzt als die außeralpinen, wenn es auch in den Alpen an Seichtwasserbildungen nicht fehlt.

Auch im Jura ist die Übereinstimmung zwischen Ost- und Westalpen keine vollständige; das Auftreten von roten Ammonitenkalken, von Hierlatzkalken ꝛc. ist auf den Osten beschränkt, aber die wichtigsten zoologischen Merkmale, namentlich das häufige Vorkommen der für die südliche Entwickelung bezeichnenden Ammonitengattungen (s. S. 322), sind allen Teilen der Alpen gemeinsam. In einem großen Teile der Westalpen ist der Jura durch die außerordentliche Mächtigkeit der Kalke ausgezeichnet, welche seinen obern Teil zusammensetzen, und welche z. B. in den Nordalpen der Schweiz dieselbe Rolle spielen wie die Triasablagerungen

in Tirol, sie sind in diesem Gebiete die Hauptgebirgsbildner und haben daher von den Schweizer Geologen den Namen der „Hochgebirgskalke“ erhalten.

Die untere Kreide der Alpen schließt sich in ihrer Entwickelung eng an den obern Jura an und zeigt eine durchaus charakteristische Entwickelung im ganzen Gebirge, dagegen tritt in der obern Kreide der typische alpine Charakter mit zahlreichen Rudisten und Aktäonellen nur in den Südalpen und im östlichen Teile der Nordalpen auf, während die obere Kreide in der Schweiz sich mehr den außeralpinen Vorkommnissen nähert; auch hier bildet die Rheinlinie wenigstens annähernd die Grenze, aber eigentümlicherweise zieht sich am äußersten Nordsaume der Alpen ein Streifen der schweizerischen Entwickelung nach Osten, er gewinnt namentlich im Bregenzer Walde ziemliche Verbreitung und reicht in einer schmalen Zone bis nach Füssen am Lech.

Schon um diese Zeit muß namentlich in den östlichen Alpen die Gebirgsbildung in lebhafter Thätigkeit gewesen sein, denn vielfach liegen Ablagerungen der obern Kreide ungleichmäßig in Becken des ältern Gesteines, während im Westen ein derartiges Verhältnis wenigstens nicht entschieden ausgesprochen ist und die Kreidebildungen sich wie die ihnen vorangehenden Ablagerungen verhalten.

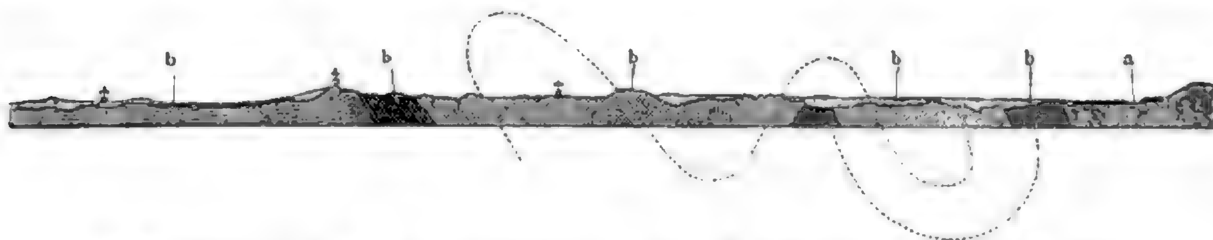
Ähnliche Verhältnisse finden wir auch im ältern Tertiär, das zunächst durch die für die alpine Region bezeichnenden Nummulitenkalke vertreten ist; auch diese finden sich im Osten in Becken am Fuße von Bergen von älterm Gesteine, allerdings auch selbst noch aufgerichtet, aber sie reichen hier nirgends in bedeutende Höhe, während in den Westalpen, z. B. in den Diablerets am Nordrande des Wallis, Nummulitenschichten noch in einer Meereshöhe von mehr als 3000 m anstehen. Neben der fossilreichen Ausbildungsart, die in dem Nummulitenkalke ihren wichtigsten Vertreter findet, tritt uns das ältere Tertiär in den Alpen und zwar an deren nördlichem Saume in einer andern Entwickelung, als „Flysch“, entgegen. Dieser Name, ein in der Schweiz gebräuchlicher Provinzialausdruck, wurde von Studer auf die Mergel, Schieferthone und Sandsteine angewendet, welche die nördliche Kalkzone der Alpen in sehr großer Mächtigkeit gegen Norden in einem zusammenhängenden Zuge umsäumen. Die Hauptmasse dieser Ablagerungen gehört ohne Zweifel dem ältern Tertiär an, doch mischen sich auch in derselben Gesteinsbeschaffenheit entwickelte Kreideschichten bei, wie dies die vereinzelten Funde von bezeichnenden Versteinerungen dieser Formation an mehreren Stellen beweisen. Namentlich östlich vom Inn, wo der Flysch erheblich an Ausdehnung und Mächtigkeit gewinnt, scheint auch die Kreide einen bedeutendern Anteil an seiner Bildung zu nehmen, und das ist besonders im äußersten nordöstlichen Vorsprunge der Alpen, im Wienerwalde, der Fall, welcher ausschließlich aus den hier besprochenen Gebilden („Wiener Sandstein“) zusammengesetzt ist. In dieser sehr starken Ausbildung der Flyschgebilde nähert sich der Wienerwald schon ganz dem karpathischen Typus, und es ist das um so bemerkenswerter, als hier auch das Streichen des Gebirges schon in die karpathische Richtung eingelenkt hat.

Blicken wir nochmals auf diese kurze Schilderung der alpinen Sedimente zurück, so finden wir, daß ein namhafter Unterschied zwischen alpinem und außeralpinem Gebiete in der paläozoischen Zeit überhaupt noch nicht vorhanden war, daß in der Trias die Ostalpen eine durchaus eigenartige Entwickelung gewinnen, daß aber von einem gemeinsamen Charakter des alpinen gegenüber dem außeralpinen Gebiete erst seit der Jurazeit die Rede sein kann. Es sind also die jüngern Ablagerungen die Träger des alpinen Typus, eine Wahrnehmung, die für das Verständnis der Gebirgsbildung von Bedeutung ist. Wir haben außerdem gesehen, daß an der Grenze zwischen östlichen und westlichen Alpen eine sehr wichtige Scheidelinie für die Entwickelung der Ablagerungen verläuft, welche ungefähr dem Rheinthale vom Bodensee bis Chur entspricht; und so treten uns in den Ost- und

Westalpen[1] zwei große Abschnitte des großen Gebirges entgegen, die nicht nur durch Verschiedenheit der Ablagerungen, sondern durch manche wichtige Besonderheiten des Baues voneinander abweichen.

Wenn wir den Bau der Alpen ins Auge fassen, so sehen wir in den großen Hauptzügen das Vorherrschen einer zu der Längserstreckung des Gebirges parallelen Anordnung, von der allerdings in den Einzelheiten sehr viele und sehr beträchtliche Abweichungen auftreten. Untersuchen wir die Anordnung etwas näher, so ergibt sich, daß die Regelmäßigkeit am wenigsten gestört und die Abweichungen von dem Parallelismus am geringsten sind am konvexen Außenrande, und daß die Unregelmäßigkeiten mit der Entfernung von hier immer größer werden bis an den Innenrand gegen die oberitalienische Tiefebene.

Nähern wir uns in irgend einem Teile der östlichen Nordalpen, an welchem nicht eine zufällige Abweichung vorhanden ist, von der Ebene aus dem regelmäßig verlaufenden Rande des Gebirges, so stoßen wir zunächst auf ein ziemlich niedriges, welliges Hügelland, das wesentlich aus untermiocänen, ober- und mitteloligocänen Sandsteinen, Konglomeraten und Schieferthonen besteht, bisweilen zeigen sich eingeschaltete Kohlenflöze, es ist das die nordalpine Molassenzone. Die Schichten sind gefaltet und aufgerichtet, und zwar finden wir, daß



Die Molassenzone nördlich von Unterammergau (Bayern). (Nach Gümbel.) a Flysch. — b Molasse.

namentlich in der Regel ein großer Schichtsattel, eine mächtige Antiklinalfalte vorhanden ist, zu der sich oft noch einige weitere gesellen. Am Südrande der Molassenzone werden deren Ablagerungen gewöhnlich vom Flysch überlagert; da jedoch der Flysch älter ist als die Molasse, so muß hier offenbar eine Umstürzung und Überkippung vorhanden sein, infolge deren die ältern Schichten gewaltsam über die jüngern hinausgedrängt sind, eine Annahme, mit der auch alle Einzelheiten der Lagerung übereinstimmen (s. obenstehende Skizze). Das Hügelland, welches die Molassenzone hier am Nordrande der östlichen Alpen bildet, erreicht keine bedeutende Höhe, und keiner seiner Gipfel dürfte sich über 1000 m erheben. Dagegen nimmt die weitere Fortsetzung gegen Westen, in der Schweiz, eine ungleich größere Mächtigkeit und Bedeutung für den Gebirgsbau an; namentlich spielen hier die eigentümlichen Molassenkonglomerate, die sogenannte Nagelfluh, eine außerordentliche Rolle und schwellen zu ungewöhnlicher Dicke an. Der geologische Bau und die Faltenbildung sind aber auch hier dieselben (s. die Abbildung „Nordabfall der Zentralalpen", Bd. I, S. 312, Farbendrucktafel), und speziell erscheint auch hier dieselbe große Antiklinallinie der Molasse wie im Osten. Wenn aber auch die Art der Störung dieselbe ist, so ist doch die durch sie erzeugte Wirkung im Westen eine ungleich energischere, die Molasse setzt in der Schweiz sehr ansehnliche Berge zusammen, so den 1800 m hohen Rigi, den Speer rc.

Wir können die Molassenzone vom östlichen Ende der Alpen durch Österreich, Bayern, die

[1] Die Einteilung in Ost- und Westalpen, welche durch die Rheinlinie voneinander geschieden sind, wird jetzt nach dem Vorgange von Mojsisovics wohl von den meisten Geologen angenommen und ist vom geologischen Standpunkte die einzig rationelle. Die in topographischen Werken vielverbreitete und auch von manchen Geologen angenommene Gruppierung in Ost-, Mittel- und Westalpen entspricht den geologischen Verhältnissen in keiner Weise.

Schweiz ungefähr bis an die Rhone verfolgen, im südlichen Frankreich aber fehlt ein derartiger äußerer Gürtel. Wir müssen, um diese Verhältnisse würdigen zu können, uns etwas mit dem Juragebirge befassen. Aus Franken und Schwaben her zieht sich im außeralpinen Gebiete eine breite Zone jurassischer Gesteine in fast horinzontaler Lagerung, welche die Höhen des Frankenjura und der Rauhen Alb in Schwaben bilden; diese Zone schlingt sich sehr stark verschmälert um den Südrand des Schwarzwaldes, zwischen diesem und dem Molassenlande der Schweiz, und hier beginnt nun eine energische Faltung des Jura, die sich von da an nach Südosten fortsetzt. Wir haben hier ein eigentliches Jura-Kettengebirge, in welchem allerdings in geringerm Maßstabe auch Schichten der Trias, der Kreide und selbst der Molasse eingefaltet sind. Der Bau dieser Ketten zeigt außerordentlich regelmäßige und normale Faltenbildung, so daß diese langgezogenen Synklinalen und Antiklinalen mit ihren Klusen und Comben seit langem als Schulbeispiele angeführt werden (s. die Profile auf der Farbendrucktafel, Bd. I, S. 312). Das Verhältnis ist dabei derart, daß gegen Süden und Südosten, gegen das Molassenland zu, ein ziemlich steiler Absturz stattfindet, während nach außen Bergformen und Falten flacher werden, die letztern gehen allmählich in Flexuren über, auch diese verschwinden allmählich, der Kettenjura verflacht sich nach außen zum Plateaujura. Von seinem Beginne am Südrande des Schwarzwaldes verläuft der Kettenjura nach Südwesten, später nach Süden; er erreicht die Rhone, und hier ist es, wo die Molassenzone verschwindet, die Falten des Jura legen sich dicht an die Alpen, und die letzten Falten des erstern verschmelzen geradezu mit den letztern. Auf diese Weise bildet der Kettenjura eine erste Abzweigung von den Alpen, zu deren Gebirgssysteme er dadurch wie durch das Alter seiner Aufrichtung gehört, während allerdings die Ablagerungen in jeder Beziehung den außeralpinen Charakter zeigen.

Wir kehren zu den Ostalpen zurück; südlich von der Molassenzone liegt der Flyschgürtel mit meist reichbewaldeten, gerundeten Bergzügen, die aber doch bedeutend höher sind als die Molassenhöhen; die Breite dieser Zone schwankt von 2 bis gegen 20 km. Die Ablagerungen sind auch hier sehr stark gefaltet und zeigen an ihrer südlichen Grenze dieselbe Eigentümlichkeit wie die Molasse, d. h. die Schichten des Flysch sind hier ebenfalls gewöhnlich überkippt und fallen unter die ältern Gesteine der Kalkzone ein.

In voller Regelmäßigkeit erstrecken sich die der Kreide und dem untern Tertiär angehörigen Sandsteine und Mergel des Flysch von Wien bis etwa in die Gegend des Schliersees in Bayern; von da an gegen Westen aber treten allmählich Abweichungen ein. Zunächst erscheinen an mehreren Stellen innerhalb der Flyschzone kleine Partien von Kreidebildungen in andrer, kalkiger, Entwickelung, weiterhin schieben sich solche zwischen Flysch- und Molassenzone ein. In viel größerm Maßstabe treten dann derartige Erscheinungen im Algäu, im nördlichen Vorarlberg und in der Schweiz auf. Zunächst spaltet sich die Flyschzone und umschließt ein großes Gebiet von Kreideablagerungen, die im normalen Schweizer Typus ausgebildet sind; auch weiterhin in der Schweiz erscheint der Flysch nicht mehr als eine geschlossene Zone, sondern vielfach finden innerhalb desselben Aufbrüche älterer Formationen statt, oder Flysch zieht sich vom Außenrande tiefer ins Innere des Gebirges hinein. Am auffallendsten ist das jedenfalls an der Rheinlinie der Fall, hier erstrecken sich von der Randzone bei Feldkirch die Sandsteine und Schieferthone über Vaduz und Pfäffers, wo die Tamina ihre berühmte Schlucht in die Schiefer des Flysch eingeschnitten hat, und erreichen in Graubünden große Verbreitung.

Auch die Kalkzone zeigt in den nördlichen Ostalpen weit größere Regelmäßigkeit der Entwickelung. Die Triasablagerungen spielen weitaus die erste Rolle, sie sowohl als die ihnen gleichmäßig aufgelagerten Jura- und Unterkreidebildungen sind in Falten gelegt und in der Weise verteilt, daß trotz allen Wechsels doch der Hauptsache nach gegen den

Flyschrand zu jüngere, gegen Süden ältere Schichten vorherrschen. Im Süden schließt sich dann die sogenannte Grauwackenzone an, ein Gürtel paläozoischer Schiefer, Sandsteine, Grauwacken 2c., der im Gegensatze zu dem schroffen, zackigen Charakter der Kalkalpen durch gerundete und sanfte Formen auffällt. Allerdings läßt sich diese Grauwackenzone nicht durch die ganzen Ostalpen verfolgen, im westlichen Teile derselben stoßen die triadischen Bildungen unmittelbar an kristallinische Schiefer, von denen jedoch gerade an der Grenze ein großer Teil paläozoischen Alters sein dürfte.

Der Gegensatz zwischen den harten, widerstandskräftigen Gesteinen der Kalkzone und den weichern Schichten südlich davon kommt nicht nur in den Bergformen zum Ausdrucke, er gibt auch Veranlassung zu einer eigentümlichen Anordnung der Wasserläufe und zu charakteristischer Thalbildung. Fast durch die ganzen Ostalpen verläuft ein Zug ostwestlich gerichteter, breiter und tiefer Längsthäler, welche teils genau auf der Südgrenze der Kalkzone, teils in deren unmittelbarer Nähe liegen, so in Steiermark das Mürzthal, ferner das Murthal von Bruck bis Leoben und die tiefe Depression, welche vom Murthale zum Ennsthale bei Rottenmann zieht, ferner das Ennsthal bis Radstadt; in gleicher Weise folgt das Innthal auf der langen Strecke von Schwaz bis Landeck genau der Südgrenze der Kalkzone, und dieselbe Lage hat in den Südalpen ein großer Teil des Pusterthales.

Das Vorkommen mesozoischer Ablagerungen schneidet übrigens mit der südlichen Grenze der Kalkzone nicht vollständig ab, an mehreren Stellen liegen größere oder kleinere Schollen auf der kristallinischen Zentralkette, haben hier in der Regel eine Veränderung erlitten und zeigen mehr oder weniger Anlage zu kristallinischer Struktur. Weitaus das wichtigste dieser Vorkommnisse stellen die „Radstadter Tauern-Gebilde" dar, vermutlich triadische Ablagerungen von stark kristallinischer Beschaffenheit, stellenweise mit Spuren von Versteinerungen, welche südlich von Radstadt, Lend und Rauris und nördlich von Gastein einen großen Flächenraum bedecken. Andre, kleinere Vorkommnisse finden sich südlich und südwestlich von Innsbruck und an einigen andern Punkten.

Weit verwickelter wird jedoch das Verhältnis gegen Westen, in der Schweiz und in Frankreich, zu dessen Verständnis wir uns jedoch vorerst mit der kristallinischen Zone der Alpen bekannt machen müssen. Die Gneiße, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Hornblendeschiefer, Granite 2c., welche diesen höchsten Teil, das Rückgrat, der Alpen zusammensetzen, streichen, nur stellenweise durch aufgelagerte, jüngere Bildungen verhüllt, von ihrem östlichen Ende in Steiermark ziemlich ungestört nach Westen; die Gebirgsgruppe der Tauern, die Zillerthaler, die Stubaier und Ötzthaler Gebirge, endlich die Berge von Paznaun und Montafun sind die hauptsächlichsten Glieder dieser ostwestlich verlaufenden Zone, die sich aber nicht unmittelbar weiter nach Westen fortsetzt, sondern an der Rheinlinie und ihrer tief einspringenden Bucht jüngerer Ablagerungen endet. Jenseits findet die kristallinische Zone der Ostalpen keine direkte Fortsetzung in der kristallinischen Hauptkette der Westalpen, diese ist vielmehr erheblich nach Süden verschoben, ihr östlicher Anfang liegt südlich von der Ortlergruppe im Gebiete der Adda und des Oglio, im Val Camonica und im Veltlin, die Bernina- und Juliergruppe bilden hier hervorragende Glieder, weiter folgen die Tessiner Alpen, die gewaltige Masse des Monte Rosa und des Matterhorns, dann wendet sich die Zone nach Süden und verläuft über Aosta und westlich vom Mont Cenis gegen den Golf von Genua.

Wenn aber auch die Hauptkette der Westalpen nicht im Streichen derjenigen der Ostalpen liegt, so fehlt es doch nicht an einer Verbindung zwischen beiden; die kristallinische Zone der Westalpen findet ihr Ende an einer gewaltigen Bruchlinie, welche sich von Südsüdwesten nach Nordnordosten aus der Gegend des Idrosees bis Meran erstreckt und, da sie in ihrem südlichen Teile durch Judikarien verläuft, als die „Judikarienlinie" bezeichnet

wird. Diese Linie wird von mächtigen Granitmassen begleitet, unter welchen namentlich diejenige des Monte Adamello hervorgehoben zu werden verdient; sie hat an ihren Rändern Triasablagerungen sehr stark verändert, ihre Kalke in Marmor verwandelt und an den Berührungsstellen ausgezeichnete Mineralbildungen hervorgebracht, wie wir sie ähnlich an den Kalkblöcken des Vesuvs und in der Gegend von Predazzo in Tirol als Produkte der Einwirkung geschmolzener Silikatmassen auf Kalkstein kennen gelernt haben (s. Bd. I, S. 171 und 203), und in der That bildet der Granit des Adamello (Tonalit) ein Ausbruchsgestein, welches während der Triaszeit emporgestiegen ist und deren Ablagerungen verändert hat.

Längs dieser judikarischen Bruchlinie ist die östliche Fortsetzung der Hauptzone der Westalpen in die Tiefe gesunken, an ihre Stelle treten die Trias, Jura- und Kreidebildungen der Etschbucht, die Bozener Porphyrplatte und weiter gegen Osten die „Dolomite" Südtirols auf, und höchstens die alten Schiefer und Granite der Cima d'Asta östlich von Trient können als ein vorgeschobener Posten jener kristallinischen Zone betrachtet werden. Dagegen erstreckt sich an der Westseite der Judikarienlinie ein Zug kristallinischer Gesteine durch Sulzberg und Ulten nach Norden und vereinigt sich bei Meran mit der kristallinischen Kette der Ostalpen. An dieser Stelle biegt die judikarische Bruchlinie nach Nordosten und Osten um und bringt, von gewaltigen Granitmassen und isolierten Partien von Triasgesteinen begleitet, weit in die Mittelzone der Ostalpen vor.

Ausgebreitetes Vorkommen von Graniten, Gneißen und kristallinischen Schiefern ist jedoch in den Westalpen nicht auf die Hauptzone beschränkt, sondern außerdem treten noch nach Norden vorgeschoben eine Anzahl von sogenannten Zentralmassen, von alten kristallinischen Kernen auf, die in einer Reihe angeordnet sind und der nördlich gelegenen Hauptzone zwar an Umfang bei weitem nachstehen, an Höhe der Gipfel sie aber etwas übertreffen. Im Osten beginnt diese Reihe mit der Masse des Finsteraarhorns und des Gotthard, die sich vom Tödi bis in die Nähe von Leuk erstreckt; Finsteraarhorn (4275 m), Jungfrau, Eiger, Mönch, Schreckhorn, Wetterhorn sind die bekanntesten Gipfel dieser herrlichen Kette des „Berner Oberlandes", die unter allen Teilen der Alpen wegen ihrer Schönheit am meisten gerühmt und von Fremden besucht wird. Hier findet sich jenes höchst merkwürdige fingerförmige Ineinandergreifen von Gneißen und jurassischen Kalken, die sogenannten Kalkkeile, wie sie an einer frühern Stelle ausführlich geschildert wurden (s. Bd. I, S. 322 und 629), und auch sonst treten mehrfach mesozoische Ablagerungen im Gebiete der Gneiße zerstreut auf.

Die Finsteraarhornmasse wird durch ein weites Gebiet jüngerer Ablagerungen von der Zentralkette der Ostalpen getrennt, sie liegt aber annähernd in der Streichungsrichtung der letztern und spielt dieser gegenüber eine ähnliche Rolle wie die Cima d'Asta in Südtirol gegenüber den Westalpen. Als eine weitere Fortsetzung der Linie der Finsteraarhorngruppe tritt, abermals durch ausgedehnte jüngere Ablagerung von dieser geschieden, im Südwesten die verhältnismäßig kleine, aber durch die gewaltige Höhe der Gipfel ausgezeichnete Doppelmasse des Montblanc und der Aiguilles Rouges auf, mit dem höchsten Gipfel der Alpen. Noch inniger als in den frühern Fällen finden sich hier Jurapartien den alten Schiefern und Gneißen eingefaltet, ja auf der höchsten Spitze der Aiguilles Rouges liegt eine winzige Partie horizontal geschichteter Juragesteine, ein kleiner Erosionsrest einer riesigen horizontalen Falte, welche einst hier vorhanden war.

An die Gruppe des Montblanc schließen sich dann nach Südwesten auf französischem Gebiete einige weitere Massen an, die Belle Donne, die Grandes Rousses, der Mont Pelvoux und seine Umgebung, jene furchtbar zerrissenen Hochgipfel des Dauphinéer Alpen, die wildesten Teile der Alpen, deren Spitzen, vor allem die fürchterliche Meije, die schwierigsten und gefährlichsten Aufgaben für die Kühnheit der Bergsteiger bieten. Als letztes

Glied, abermals durch bedeutende Strecken jüngerer Gebilde von den vorhergehenden getrennt, kann wahrscheinlich das Massiv der Seealpen südwestlich von Cuneo gelten. Diese mehrfach auseinander gerissene Kette kristallinischer Kerne, welche der kristallinischen Hauptzone der Westalpen vorgelagert sind, werden von der letztern überall durch jüngere Ablagerungen, teils paläozoischen, teils mesozoischen, ja selbst eocänen Alters getrennt, welche im Osten, an der Finsteraarhorn- und Montblanc-Gruppe, schmal sind, nach Südwesten dagegen gewaltig an Breite zunehmen. Diese einzelnen vorgeschobenen Massen der Westalpen sind allseitig von jüngern Bildungen umgeben, sie bilden mit der Kalkzone zusammen die Vorlage der südlicher gelegenen eigentlichen Zentralkette, und dadurch gewinnt hier der Bau der Nordalpen außerordentliche Mannigfaltigkeit und Komplikation.

Wir sind bis jetzt zu dem Ergebnisse gelangt, daß die Ostalpen weit regelmäßiger und einfacher gebaut sind als die Westalpen, und daß die einzelnen tektonischen Erscheinungen um so regelmäßiger verlaufen, je näher sie am Außenrande des Gebirges liegen. Dieses letztere selbst zeigt die strengste Gesetzmäßigkeit, die geringste die kristallinischen Zonen; es geht daraus hervor, daß die sogenannten Zentralmassen nicht das wirkende Element bei der Aufrichtung der Alpen gewesen sein, daß sie unmöglich alle übrigen Ablagerungen senkrecht gehoben haben können. Diese Annahme erscheint den geschilderten Verhältnissen gegenüber als Unmöglichkeit, die verschiedenen vereinzelten Massen der Westalpen können in keiner Weise die fortlaufende Linie des Außenrandes erzeugen. Dazu kommt noch, daß selbst die kristallinischen Hauptzonen der Alpen, auf deren Bau wir hier im einzelnen nicht eingehen konnten, durchaus keinen gleichmäßigen und einheitlichen Bau zeigen, sondern selbst wieder in einzelne Massen zerfallen, innerhalb deren man selbst wieder, allerdings in ziemlich gezwungener Weise, zwei verschiedene Zonen hat trennen wollen.

Sehr eigentümliche Verhältnisse finden wir auf der Südseite der Alpen; hier ist der Absturz gegen die Ebene ein viel rascherer und unmittelbarer, es findet kein allmähliches und langsames Verflachen statt wie im Norden, wir stehen auf der innern, auf der Bruchseite der Alpen, an welcher große Senkungsfelder, die oberitalienische Ebene und die Adria, liegen, und welche durch das Auftreten eruptiver Gesteine in der Gegend von Verona, Vicenza, Bassano, Padua ꝛc. gekennzeichnet ist. Die Euganeen und die Berici sind die wichtigsten Gruppen dieser tertiären Ausbruchsgesteine. Ein großer Teil des Innenrandes der Alpen wird von normalen Schichtgesteinen eingenommen, ein Verhältnis, dem wir um so mehr unsre Aufmerksamkeit zuwenden müssen, als das Vorhandensein einer „südlichen Nebenzone“ als ein Beweis für den systematischen Bau des Gebirges und für seine Entstehung durch senkrechte Hebung von unten angeführt worden ist (s. Bd. I, S. 319—326). Es wurde schon an einer frühern Stelle gezeigt, daß die Art und Weise, in welcher die Alpen an ihrem östlichen Ende in vier selbständigen, nach verschiedenen Richtungen ausstrahlenden Ketten auseinander gehen, mit einer solchen Auffassung nicht übereinstimmt, und daß auch der Bau der Südalpen im einzelnen eine damit unvereinbare Anordnung zeigt. In erster Linie vermissen wir eine Flysch- und Molassenzone am Innenrande gänzlich, und selbst die Kalkzone fehlt auf eine sehr beträchtliche Erstreckung, nämlich vom Golfe von Genua bis zum Lago Maggiore, und stellt sich erst östlich von hier ein. Auch diese verkürzte Kalkzone zeigt aber keineswegs einheitlichen Bau oder eine gleichmäßige Begrenzung, sie setzt sich im Gegenteile aus sehr ungleichmäßig gebauten Stücken zusammen. Im Westen zwischen Lago Maggiore und der judikarischen Bruchlinie herrscht westöstliches Streichen und eine Anordnung, welche ziemlich regelmäßig ist; allein sobald die Judikarienlinie erreicht ist, ändern sich die Verhältnisse vollständig, die stark zusammengepreßten Falten der mesozoischen Ablagerungen ziehen sich in der Umgebung des Gardasees und in der Etschbucht nach Norden, bis in die Nähe von Meran, wo sie eingeklemmt zwischen den alten Gesteinen

im Westen und der gewaltigen Bozener Porphyrtafel im Osten endigen. Östlich von dem Porphyr tritt nun abermals eine ganz verschiedene Anordnung auf; wir kommen hier in die sogenannte Dolomitregion des südöstlichen Tirol. Die Kalke und Dolomite der obern Trias erreichen hier eine ganz kolossale Entwickelung und Mächtigkeit, das Gebirge ist von einer Anzahl großer Verwerfungen durchzogen, von denen die wichtigsten, z. B. die Bruchlinien von Vilnöß und Val Sugana, in annähernd westöstlicher Richtung verlaufen. Von Faltung ist dagegen in diesem Gebiete nur wenig zu bemerken, auf weite Strecken liegen die gewaltigen Kalk- und Dolomitmassen horizontal, die Falten, welche vorhanden sind, sind ziemlich unbedeutend, und so bietet dieses Gebiet durch die Schwäche der Störungen bei wildesten Bergformen dem vorwiegend mit andern Teilen der Alpen vertrauten Geologen ein fremdartiges Bild.

Noch weiter im Osten tritt wieder kräftigere Faltenbildung in ostwestlicher Richtung hervor, allein auch hier treffen wir auf höchst eigentümliche Verhältnisse, es wurde schon oben erwähnt, daß die judikarische Spalte sich in der Gegend von Meran nach Nordosten und weiterhin nach Osten wendet und hier durch die kristallinischen Schiefer der Mittelzone verläuft. An mehreren Stellen treten hier isolierte kleine Schollen von Triasablagerungen auf[1], welche in ihrer Entwickelung nicht mit den andern Vorkommnissen der Südalpen übereinstimmen, sondern den nordalpinen Charakter zeigen. In der weitern Fortsetzung dieser Richtung treffen wir dann im Pusterthale eine langgestreckte, zusammenhängende Zone von Triasbildungen, welche von Lias überlagert werden, beide auch hier von nordalpinem Charakter; diese Zone beginnt westlich in der Nähe von Sillian, ihr gehören die Berge südlich von Lienz zwischen Drau und Gail an, und von da erstreckt sie sich weiterhin nach Kärnten, wo wir sie bis Bleiberg und Villach verfolgen können. Besonders merkwürdig aber wird diese Zone durch die Art, in welcher die Schichten gelagert sind. Wären die Alpen wirklich ein symmetrisches Gebirge, so müßte man erwarten, daß an die kristallinische Zentralkette sich zunächst die ältesten Ablagerungen anlegen und dann nach Süden die jüngern folgen; in Wirklichkeit aber findet genau das Gegenteil statt, bei Lienz z. B. legt sich an die Zentralkette zunächst der Jura, also das jüngste Glied, darunter folgt dann nach Süden die Trias und im weitern Verlaufe des Zuges paläozoische Ablagerungen, und dann findet noch weiter im Süden ein zweiter südlicher Aufbruch von kristallinischen Schiefern statt. Das Lienzer Gebirge, wie wir diesen Zug nennen wollen, bildet also eine selbständige einseitige, nach Norden gerichtete Kette, es hat mit der Nebenzone eines symmetrischen Gebirges nicht die geringste Ähnlichkeit.

Südlich von dem Lienzer Gebirge liegen zunächst mächtige paläozoische Ablagerungen, dann folgen mesozoische Bildungen, beide in ostwestlicher Richtung streichend und gegen Osten von großen Verwerfungen durchzogen, welche von Nordwesten nach Südosten gegen Istrien und Dalmatien gerichtet sind. Vergleichen wir nun die Verteilung der großen Bruchlinien, wie wir sie im östlichen Teile der Südalpen kennen gelernt haben, so finden wir, daß im westlichen Abschnitte dieses Gebietes hauptsächlich Nord-Südbrüche auftreten, die Judikarienlinie und die andern ihr parallelen Verwerfungen in den Ablagerungen am Gardasee und in der Etschbucht. Dann kommen wir gegen Osten in eine Region mit westöstlichen Spalten, der bei Meran sich umbiegenden Fortsetzung der judikarischen Spalte, ferner den Bruchlinien von Vilnöß, Val Sugana 2c., endlich im Osten, in Krain beginnend, die nordwest-südöstlichen Spalten, welche direkt in die östliche Umrandung des Adriatischen Meeres verlaufen. Die großen Verwerfungen in den südöstlichen Alpen umgeben also auf drei Seiten das Nordende der Adria, man hat ihnen daher den

[1] Auf der S. 661 beigehefteten „Geologischen Karte der Alpen" konnten diese Schollen ihrer sehr geringen Ausdehnung wegen nicht eingezeichnet werden.

Namen der periadriatischen Spalten gegeben. Man kann geradezu ihre Bildung als ein mit dem Einbruche des adriatischen Beckens zusammengehöriges Ereignis betrachten, in der Art, daß in den Alpen die höhern Staffeln der treppenartig von drei Seiten gegen das Becken sich absenkenden Verwerfungen liegen.

Nicht nur von Nordwesten nach Südosten gerichtete Verwerfungen treten im südöstlichsten Teile der Alpen hervor, sondern es nehmen auch in der Gegend von Udine nach Laibach die Falten dasselbe Streichen an und gehen in jene langgestreckten Faltenzüge der istrisch-dalmatischen Region über. Gleichzeitig ist eine Änderung im Charakter der Ablagerungen deutlich, der sich namentlich in der sehr starken Entwickelung der zur obern Kreide gehörigen Hippuritenkalke und der alttertiären Nummulitenkalke geltend macht, und so sehen wir hier aus dem südöstlichen Ausläufer der Alpen sich jenes gewaltige Gebirgssystem der dinarischen Ketten und des Pindus entwickeln, welches sich bis in die Südspitze von Griechenland fortsetzt. Es läuft wenigstens anfangs annähernd parallel mit der großen Kette Italiens, mit dem Apennin, an dessen innerer Seite das Tyrrhenische Meer ein gewaltiges Senkungsfeld bildet und die zahlreichen erloschenen und thätigen Vulkane die Zeugen der gewaltigen Veränderungen früherer Zeit darstellen.

Es würde zu weit führen, wenn wir alle Verzweigungen des Alpensystemes von der Westküste Spaniens und Marokkos bis zum Schwarzen Meere und zur Südspitze Griechenlands verfolgen wollten, wir wollen nur eins der Glieder dieser riesigen Gebirgswelt noch kurz betrachten, nämlich die Karpathen, die in vieler Beziehung besonderes Interesse erwecken.

Die Karpathen.

Wir haben schon an einer andern Stelle (Bd. I, S. 323) das Ostende der Alpen und dessen Verhältnis zu den Karpathen kurz besprochen; die Ostalpen streichen ostwestlich, sie drängen und stoßen sich an der böhmischen Masse und werden durch diese an einer Umschwenkung nach Nordosten gehindert. Unmittelbar östlich vom Ende der böhmischen Masse, bei St. Pölten, biegt dann das östlichste Stück der Nordalpen scharf nach Nordosten um, es nimmt schon ganz die Streichungsrichtung der Karpathen an und erreicht so die Donau bei Wien. Der eigentliche Wienerwald besteht aus den kretacischen und alttertiären Flyschablagerungen oder Wiener Sandsteinen, die hier auch in ihrer Gesteinsentwickelung und in dem Hervortreten zahlreicher kleiner, isolierter Klippen von Jurakalken im Flyschgebiete der nächsten Umgebung von Wien, bei St. Veit und im benachbarten Tiergarten schon den karpathischen Charakter zeigen. Auch die Kalkzone wendet sich in der Gegend südlich von Wien nach Nordosten, bricht aber einige Kilometer südwestlich von Wien plötzlich ab. Ebenso wendet sich die nördliche Hälfte der kristallinischen Kette aus der Gegend von Graz und Leoben nach Nordosten, sie erreicht aber noch weit früher als die Kalkzone ein Ende und bricht schon mit dem südöstlich von Wiener-Neustadt gelegenen Rosaliengebirge ab und taucht unter die jungen Tertärbildungen des Wiener Beckens.

Die Alpen schneiden aber hier nicht vollständig ab, sondern eine Reihe stehen gebliebener Trümmer zeigt uns die Verbindung der Nordalpen und der nördlichen Hälfte der Zentralkette mit den Karpathen. Am deutlichsten tritt das bei der Sandsteinzone hervor; bei Wien schließen sich an den Wienerwald jenseit der Donau der Bisamberg und andre Höhen mit nun fast nordsüdlicher Streichungsrichtung an, dann allerdings folgt eine etwa 45 km lange Strecke, die von jungtertiären und diluvialen Bildungen bedeckt ist, aber jenseit derselben erscheint der Flysch etwas nordöstlich von Nikolsburg in Mähren in übereinstimmender Richtung wieder, und von hier setzen sich die Karpathen weithin nach Osten, bis nach der Bukowina, Rumänien und Siebenbürgen, fort. Allein auch in dem Zwischenraume südlich von

Nikolsburg, in welchem der Sandstein fehlt, sind unverkennbare Zeichen des Zusammenhanges in einer Anzahl großer isolierter Berge aus Jurakalk vorhanden, welche, in einer Linie gelegen, zwischen die nördlichen und die südlichen Sandsteinpartien sich einschieben. Es sind das die oft genannten Klippen oder Inselberge von Ernstbrunn, Staats, Falkenstein, Polau und Nikolsburg, welche durch ihre schroffen Formen und ihre ansehnliche Höhe inmitten der sanften Hügelgegend einen sehr auffallenden Charakterzug der Landschaft bilden.

Um die Bedeutung dieser Inselberge zu verstehen, müssen wir uns vor allem etwas näher mit der Beschaffenheit der karpathischen Sandsteinzone befassen. Der auffallendste Unterschied der Karpathen gegenüber den Alpen besteht in der außerordentlichen Breite des Sandsteingürtels, welcher dem nordalpinen Flysch entspricht, und in der riesigen Mächtigkeit seiner Gesteine. Während die Flyschzone der nordöstlichen Alpen nur ganz ausnahmsweise (zwischen Salzach und Traun und im Wiener Walde) die Breite von 12 km übersteigt, in der Regel aber sehr bedeutend hinter dieser Ziffer zurückbleibt, hat die karpathische Sandsteinzone auf einen großen Teil ihrer Erstreckung eine Breite von 100 km und wächst stellenweise bis zu 120 km an. Die Mannigfaltigkeit der Gesteine ist erheblich größer als in den Alpen, man kann eine große Anzahl von Sandstein-, Schiefer- und Mergelhorizonten unterscheiden, welche den verschiedenen Abteilungen der Kreideformation und des untern Tertiär entsprechen, und für deren Feststellung namentlich die Untersuchungen von Hohenegger und Paul von Bedeutung sind. Die einzelnen Glieder sind sehr mächtig, und man kann die Gesamtdicke des Karpathensandsteines auf weit über 1000 m anschlagen. Versteinerungen sind zwar auch hier überaus selten, sie treten aber doch in etwas größerer Zahl auf als in den entsprechenden Bildungen der Alpen und haben die Altersbestimmung ermöglicht. Wenn aber auch die Zahl der erhaltenen Fossilien eine geringe ist, so muß doch die Menge der Tier und Pflanzenkörper, welche in diesen Ablagerungen eingebettet worden ist, eine ganz enorme gewesen sein, wie wir aus den massenhaften organischen Stoffen schließen können, welche sie enthalten. Allerdings treten sie uns hier nicht, wie sonst gewöhnlich, in der Form von Mineralkohlen entgegen, sondern es finden sich bituminöse Substanzen, Petroleum und Ozokerit (Erdwachs), welche namentlich in Oberungarn und Galizien an vielen Punkten erbohrt worden sind und den Gegenstand einer ansehnlichen Industrie bilden.

Der geologische Bau der Sandsteinzone stellt ein regelmäßiges System mit dem Außenrande des Gebirges parallel laufender Falten dar, welche im westlichen Teile des Gebirges nordsüdlich, später nordöstlich streichen, in der Mitte ostwestlich und im Osten südöstlich gerichtet sind, um endlich an der siebenbürgisch-rumänischen Grenze nach Süden und dann nach Westen umzuschwenken. In den Synklinalen sind vorwiegend die jüngern, tertiären Gebilde herrschend, während in den Antiklinalen die ältern, der Kreideformation angehörigen Schichten zum Vorscheine kommen. Die ältesten Ablagerungen, welche in den meisten Antiklinalen auftauchen, gehören der untern Kreide, dem Neokom, an, doch ist das keine ganz ausnahmslose Regel. Es finden sich nämlich zwei derartige Linien im äußersten Norden und im äußersten Süden der Sandsteinzone, in welchen noch ältere Gesteine, Angehörige der Juraformation, hervortreten, aber nicht als große zusammenhängende Schichtmassen, welche über weite Strecken fortstreichen, sondern in Form zahlloser Kalkriffe von der verschiedensten Größe, vom großen, zu mehrere hundert Meter relativer Höhe aufragenden Berge bis zur isolierten Felsnadel und dem nur wenige Kubikmeter messenden Blocke. Es sind das die in der Geologie vielgenannten karpathischen Klippen, welche in der That zu den sonderbarsten und auffallendsten geologischen Erscheinungen der ganzen Erde gehören. Von den zwei Klippenzonen verläuft die eine am nördlichen, die andre nahe dem südlichen Rande des Sandsteingürtels; die nördliche Zone ist nicht auf sehr große Erstreckung zu verfolgen; sie beginnt in Mähren an der Betschwa und erstreckt sich von da

durch Österreichisch-Schlesien nach Westgalizien, wo sie südwestlich von Krakau endet. Diese Strecke ist namentlich durch das reichliche Vorkommen von Korallriffbildungen des obersten Jura ausgezeichnet, wie sie vor allem die durch ihren außerordentlichen Reichtum an prachtvoll erhaltenen Versteinerungen berühmt gewordenen Korallenkalke von Stramberg bei Neutitschein in Mähren und einer Anzahl andrer wohlbekannter Fundorte, wie Inwald, Ignaziberg ꝛc., darstellen. Während auf dieser Strecke die Klippen in Menge vorhanden sind, schließt sich gegen Südwesten eine Gegend an, in welcher dieselben nur sehr vereinzelt vorkommen; von Meseritsch gegen Südwesten bis an die March treten einige wenige Kalkfelsen genau in der Verlängerung der klippenreichen Zone aus dem Sandsteine hervor, und jenseit der March findet sich im Verfolge derselben Richtung noch ein einzelnes Vorkommen von Jurakalk bei Tschettechowitz im Marsgebirge südwestlich von Kremsier in Mähren. Es ist das gegen Westen die letzte Klippe der nördlichen Zone, welche aus dem Sandsteine hervorragt; zieht man jedoch eine den Nordrand der Alpen bei Wien mit dem Beginne der Karpathen verbindende Linie über den Wiener Kesselbruch hinweg, oder, mit andern Worten, ergänzt man über diesen hin die ehemalige Gebirgsgrenze und verlängert dann parallel dieser Linie die Richtung der Klippenzone über das Senkungsfeld, so findet man, daß dieselbe genau auf jene oben geschilderten Inselberge von Nikolsburg, Staatz, Ernstbrunn ꝛc. fällt, welche in der Lücke zwischen Alpen und Karpathen aus der Ebene oder aus flachem Hügellande hervorragen, und dieselben stellen thatsächlich die Verlängerung der nördlichen karpathischen Klippenreihe dar, die sich mithin bis nahe an die letzten Ausläufer der alpinen Sandsteinzone fortsetzt.

Ist die nördliche Klippenlinie wegen des Nachweises für die Zusammengehörigkeit von Alpen und Karpathen und wegen des Versteinerungsreichtumes einiger Fundorte von Bedeutung, so ist die südliche Zone von großem Interesse, weil hier das Phänomen der Klippenbildung in ungleich größerer und schönerer Entwickelung auftritt. Sie beginnt in Ungarn im Neutraer Komitat in der Nähe von Waag-Neustadtl und zieht sich von da im Bogen durch die oberungarischen Komitate Trentschin und Arva nach Galizien, wo sie namentlich bei dem Städtchen Neumarkt sehr entwickelt ist, weiterhin tritt sie wieder auf ungarisches Gebiet und zieht sich hier durch die nordöstliche Ecke der Zips und bis etwa in die Mitte des Saroser Komitates. Von da an bildet allerdings der südliche Klippenzug keine zusammenhängende Linie mehr, aber eine Reihe getrennter Vorkommen in den Komitaten Zemplin, Unghvár und Marmaros gestattet, die weitere Fortsetzung bis gegen die siebenbürgische Grenze zu verfolgen, und wir sehen also hier einen riesigen Bogen, dessen Länge etwa 550 km beträgt und fast ganz Ungarn im Norden umspannt.

Wir können diesen Klippenzug nicht in seiner ganzen Ausdehnung verfolgen, aber die Erscheinungen, welche er zeigt, sind zu merkwürdig, als daß wir nicht wenigstens seine Entwickelung in derjenigen Gegend etwas näher betrachten sollten, in welcher das Phänomen seinen Höhepunkt erreicht. In der Gegend zwischen Neumarkt in Galizien und Palocsa im Saroser Komitat in Ungarn, einer Strecke von wenig mehr als 100 km Länge, sind über 2000 Klippen zusammengedrängt; dabei ist die Breite des Zuges sehr gering, sie dürfte 2 km kaum irgendwo übersteigen, bleibt aber in der Regel erheblich hinter diesem Maße zurück, so daß gegen 30 Klippen auf das Quadratkilometer kommen; da aber einzelne Striche arm an solchen Felsen sind, so drängen sie sich in den andern außerordentlich eng zusammen. Eine kleine Anzahl unter diesen mehr als 2000 Klippen bildet ansehnliche Höhen, so in erster Linie der Penin bei Szczawiniza in Galizien, ein mächtiger Berg, der durch den Dunajczfluß in zwei Teile zerschnitten wird, und nach dem diese ganze Klippenregion den Namen des peninischen Klippenzuges erhalten hat. Noch einige andre sind ansehnlich genug, um ihre Umgebung bedeutend zu beherrschen, aber es

ist das doch nur eine überaus geringe Minderzahl. Der Hauptsache nach sind die Juraklippen viel zu klein, um auf den landschaftlichen Charakter im großen Einfluß üben zu können, die hauptsächlichsten Reliefformen werden durch die Beschaffenheit der umgebenden Sandsteine und ihre Lagerung bedingt, aber den sanft gerundeten Höhenzügen und Mulden der letztern sind zahllose kleinere Nadeln, Obelisken, Zuckerhüte, Pyramiden oder gerundete Köpfe von Kalk aufgesetzt, welche nur darum an der Oberfläche hervortreten, weil ihr Material härter ist und der Verwitterung besser widersteht als die umgebenden Schiefer und Sandsteine. Einzelne der jurassischen Klippengesteine sind aber sehr leicht verwitterbar, sie bilden gar keine Terrainhervorragungen, sie stellen nur im geologischen, nicht im landschaftlichen Sinne Klippen dar.

Man kann sich kaum einen merkwürdigern Anblick denken, als wenn man in einer unbewaldeten Gegend mit kleinen und sehr zahlreichen Klippen von einem benachbarten

Die Klippen von Czorsztyn.

Höhenpunkte aus die Zone betrachtet; es ist, als ob über die sonst sehr sanfte Landschaft ein schmales, rauhes Band gelegt worden wäre, das ganz von felsigen Kuppen, Klötzen, Nadeln und Zinnen starrt. Noch auffallender gestalten sich aber die Verhältnisse, wenn man sie vom geologischen Standpunkte betrachtet und eine Erklärung dieser Bildung versucht. In erster Linie ist dabei die außerordentliche Unabhängigkeit der einzelnen Kalkpartien voneinander von Bedeutung; sehr oft bestehen zwei unmittelbar nebeneinander gelegene Felsen aus durchaus verschiedenem Materiale, ja aus verschiedenen Faciesentwickelungen eines und desselben Horizontes und zeigen durchaus verschiedenes Streichen und Fallen. Schon aus diesem Umstande geht hervor, daß durchaus nicht alle Klippen die äußersten Spitzen großer Massen darstellen, welche in die Tiefe fortsetzen; denn dächte man sich dieselben in dieser Weise nach abwärts erweitert, so würden sie sich nach allen Richtungen schneiden, was natürlich unmöglich ist. Viele, ja wahrscheinlich die Mehrzahl derselben sind nichts weiter als gewaltige Blöcke, die allerseits von den jüngern Mergeln und Sandsteinen umschlossen sind, und in der That ist schon eine Anzahl von Klippen durch Steinbruchsarbeiten vollständig ausgerottet worden. Ebenso gewiß aber ist es, daß viele andre dieser Kalkpartien und

Digitized by Google

namentlich die größten unter ihnen wirklich anstehen, und bei diesen ist auch gewöhnlich die Streichungsrichtung eine regelmäßigere und mit der Längserstreckung der Klippenzone parallele; ebenso bemerkt man bei diesen größern Vorkommnissen, daß ihre Schichten im nördlichen Teile der Klippenzone nach Norden, im südlichen nach Süden einfallen, und es wird dadurch wahrscheinlich gemacht, daß man es mit einer antiklinalen Falte zu thun habe, die stark zersprengt und zersplittert ist, und die Richtigkeit dieser Auffassung wird dadurch bewiesen, daß auch die umgebenden Sandsteine bei aller Verwirrung und Unordnung der Lagerung im einzelnen und in der unmittelbaren Nähe der Klippen doch, im ganzen betrachtet, hier ebenfalls ein Gewölbe bilden.

Ist nun auch damit das Wesen der Erscheinung in den allgemeinsten Umrissen gegeben, so fragt man doch, warum denn hier mit der Faltung das ganz absonderliche Phänomen der Klippenbildung verbunden ist, während in Tausenden andrer Fälle nichts Ähnliches zu bemerken ist. Man hat verschiedene Versuche der Erklärung gemacht, man hat angenommen, daß die Klippen schon als solche aus dem Kreidemeere hervorgeragt hätten, oder daß hier eine sehr große Verwerfung stattgefunden habe, allein diese Ansichten sind bei näherer Untersuchung nicht haltbar; wahrscheinlich haben wir es mit einer einfachen Faltenbildung zu thun, bei welcher nur durch die ungewöhnliche Beschaffenheit der Gesteine ganz abnorme Gefolgeerscheinungen hervortreten. In erster Linie wirkt wohl der sehr große Unterschied in der Widerstandskraft und Härte zwischen den überaus festen Jurakalken und den sehr weichen darüberliegenden Neokomschiefern und Sandsteinen. Aller Wahrscheinlichkeit nach wurden diese ganz bruchlos gebogen, während die darunterliegenden Kalke durch die Stärke des Druckes zerbrochen und zertrümmert wurden. Überdies kommt hier aber noch ein andrer Punkt hinzu. Gerade in der Klippenregion stoßen zwei ganz voneinander verschiedene Ausbildungsarten des Jura zusammen und grenzen fast ohne Übergang aneinander; beide weichen in der Mächtigkeit sehr voneinander ab und sind außerdem entschieden in ziemlich verschiedener Meerestiefe gebildet. Die Jurabildungen stellen also von allem Anfange an nicht eine große einheitliche, horizontale Kalktafel dar, sondern zwei ungleich mächtige, in verschiedenem Niveau gelegene Tafeln, die in der Klippenregion aneinander grenzen und hier durch ein auf abschüssigem Meeresgrunde abgelagertes schräges Mittelstück miteinander verbunden sind. Denken wir nun den gewaltigen Seitendruck, der die Faltung des ganzen Sandsteinsystemes hervorgebracht hat, in seiner Wirkung auf diese eigentümliche Kalkablagerung, so ist es in erster Linie klar, daß gerade hier eine Störung von außergewöhnlicher Stärke hervortreten mußte, die größte und intensivste Falte der ganzen Sandsteinzone. Außerdem aber konnte an der Berührungsstelle jener Kalktafeln gar keine normale Antiklinale entstehen, das Verbindungsstück mußte vollständig zertrümmert und die Schichtköpfe der beiden horizontalen Platten ineinander geschoben werden. Bedeutende Teile wurden vollständig zermalmt und zersplittert, und die weichen, damals wohl noch etwas plastischen Neokomgesteine zwischen die Kalktrümmer geknetet oder diese in jene hineingepreßt. Nur auf diese Weise können wir uns von den so überaus seltsamen Erscheinungen Rechenschaft geben, und auch die verschiedenen Einzelheiten im Auftreten der Klippen, auf welche wir hier nicht näher eingehen können, stimmen mit dieser Annahme vortrefflich überein.

Die Sandsteinzone, innerhalb welcher die Klippenlinien liegen, bildet den hauptsächlichsten und den beständigsten Bestandteil der Karpathen; ja, in manchen Strichen bestehen diese ausschließlich nur aus Sandsteinen, oder es sind denselben von andern Gesteinen nur noch mächtige Massen von trachytischen Eruptivgebilden beigemengt, welche erheblich jünger sind als die Sandsteine. Das ist in einem sehr bedeutenden Abschnitte des Gebirges der Fall, welcher sich von der Linie Kaschau-Tarnow weithin nach Osten bis in die Gegend von

Marmaros-Sigeth erstreckt, indem an einer mächtigen Verwerfung, der ungefähr dem Verlaufe des Hernadflusses nördlich von Kaschau folgenden Hernadlinie, alle ältern Massen des Innenrandes in die Tiefe gesunken sind. Östlich und westlich von dieser Region ist eine Entwickelung älterer sedimentärer und kristallinischer Gesteine vorhanden, welche sich mit der Zentralkette und der nördlichen Kalkzone der Alpen vergleichen läßt, dagegen fehlt jede Spur einer südlichen Kalkzone oder eines südlichen Flyschzuges. Die Karpathen stellen demnach ein echtes, einseitiges Gebirge dar, allerdings von sehr verwickeltem Baue, von dem wir nur wenige Hauptzüge näher ins Auge fassen wollen. Während an dem großen das Ostende der Alpen bezeichnenden Einbruche die Sandsteinzone in der oben

Die Tatraspitze. Vgl. Text, S. 678.

geschilderten Weise bei Wien über die Donau setzt, lösen sich von dem Vorsprunge der Alpen bei Wiener-Neustadt beschränkte Partien von kristallinischen Schiefern und mesozoischen Kalken ab, welche aus der Ebene hervorragen. Weitaus das bedeutendste unter diesen Bruchstücken der versunkenen Alpenkette ist das von Südwesten nach Nordosten gerichtete Leithagebirge zwischen Neustadt und Bruck an der Leitha; weiterhin folgen schon an der Donau die Hainburger Berge, deren unmittelbare Fortsetzung jenseit der Donau die Kleinen Karpathen bilden; sie beginnen bei Preßburg und streichen von da nach Nordosten, wo dann bald eine weit reichlichere Entwickelung der ältern Gesteine beginnt.

Wenn wir den mittlern Teil der Karpathen ins Auge fassen, wo alle Glieder des Gebirges am vollständigsten entwickelt sind, so fällt hier eine Anordnung der Massen auf, welche in vieler Beziehung bedeutend an die oben besprochenen Erscheinungen erinnert, wie wir sie in den westlichen Alpen, in der Schweiz und in Südfrankreich kennen gelernt haben. Hier tritt im Süden eine mächtige, zusammenhängende kristallinische Zone auf, und

Digitized by Google

nördlich oder westlich liegen, von dieser und voneinander durch jüngere Ablagerungen getrennt, die einzelnen vorgeschobenen Zentralmassen des Finsteraarhornes, des Montblanc, der Belledonne, Pelvoux 2c. In derselben Weise sehen wir in der zentralen Region der Karpathen vor die Hauptgruppe der kristallinischen Gesteine einige isolierte Massen nach Norden hinausgerückt, namentlich die Magura in den ungarischen Komitaten Trentschin und Arva und die Hohe Tatra, zu denen etwa noch das kleine Braniskogebirge zwischen Leutschau und Eperies gerechnet werden kann. Sowohl die Tatra als die Magura sind namentlich durch das Auftreten gewaltiger Granitmassen ausgezeichnet, an die sich in geringerer Menge Gneiße anschließen, und denen namentlich nach Norden mesozoische Kalkbildungen vorgelagert sind.

Der Fischsee in der Hohen Tatra. Vgl. Text, S. 678.

Wie in den Westalpen die vorgeschobene Montblanc-Gruppe an Gipfelhöhe die innern Teile der Alpen übertrifft, so verhält es sich auch in den Karpathen, die Hohe Tatra überragt in einer Reihe mächtiger Gipfel alle übrigen Teile des großen ungarisch-galizischen Gebirgsbogens. In erster Linie ist die Tatra dadurch ausgezeichnet, daß sie, obwohl ein Bestandteil der Karpathen, doch fast isoliert aufsteigt; im Süden schiebt sich hier in das Gebirge eine breite, großenteils von Diluvialgebilden bedeckte Fläche, die Zipser und Liptauer Ebene, ein, im Norden ist das Sandsteingebiet zwischen dem Tatrarande bei Zakopane und den Bergen nördlich von Neumarkt ein sehr niederes Hügelland, und auch nach Osten und Westen überragt die Tatra ihre Umgebung ganz erheblich, so daß sie aus dieser ziemlich unvermittelt emporwächst. Besonders auffallend ist dieser Eindruck, wenn man sich der Tatra von Südosten her nähert und hier die höchsten und schroffsten Gipfel, die Lomnitzer, Gerlsdorfer, Schlagendorfer Spitze, den Eisthaler Turm 2c., fast unmittelbar aus der Zipser Ebene sich erheben sieht. Gerade die Berge auf der Südseite

Digitized by Google

der Tatra sind durch ihre außerordentlich schroffe, zackige, wild zerrissene Form ausgezeichnet (s. Abbildung, S. 676), obwohl sie aus Granit bestehen, welcher sonst gerundete Kuppen zu bilden liebt; die Ursache liegt in dem außerordentlichen Quarzreichtume der Tatragranite, welcher dem Gesteine hervorragende Widerstandskraft verleiht. Einen dritten merkwürdigen Zug der Tatralandschaft bilden endlich die zahllosen kleinen Seen, die oft genannten „Meeraugen“, welche als Zeugen und Produkte der Vergletscherung während der Eiszeit zurückgeblieben sind, und die schon früher näher geschildert wurden (s. Abbildung, S. 677).

Bildet so die Hohe Tatra eine kleine geologische Welt für sich, ein Gebirge im Gebirge, so stellt dagegen der Rest der Karpathen trotz aller Verschiedenheit im einzelnen ein zusammenhändes Ganze dar mit mannigfachen bemerkenswerten Eigentümlichkeiten. Dahin gehört vor allem das Auftreten ungeheurer Massen von Eruptivgesteinen aus der Trachytfamilie, die in keinem andern Gebiete Europas in so enormer Entwickelung vorkommen. Hierher gehört die Trachytmasse von Schemnitz und Kremnitz im westlichen Oberungarn, welcher die berühmten Erzlagerstätten dieser alten Bergorte angehören, ferner der mehr als 100 km lange und sehr breite Eruptivzug, welcher die oben genannte Bruchlinie des Hernadthales östlich begleitet. In annähernd nordsüdlicher Richtung verlaufen diese Trachytberge von Tokay an der Theiß bis nördlich von Eperies; den nördlichen Teil bezeichnet man als den Eruptivstock von Kaschau-Eperies, die südliche Hälfte ist unter dem Namen der Hegyallya bekannt, auf deren trachytischem Boden der edelste Wein des Ungarlandes reift. Von da an zieht sich dann dem Innenrande der Karpathen entlang ein nur stellenweise auf kurze Strecken unterbrochener Trachytzug durch Ungh, Beregh und die Marmaros nach dem nördlichen Siebenbürgen und von da der Ostgrenze dieses Landes entlang bis etwa 50 km nördlich von Kronstadt. Außerdem treten in dem westlichen Grenzgebirge zwischen Ungarn und Siebenbürgen große Massen von Trachyten auf und bilden hier im siebenbürgischen Erzgebirge das Muttergestein der Golderze, welche in den Bergwerken von Vöröspatak, Aranyospatak 2c. abgebaut werden.

An der Innenseite der Karpathen findet sich ein gewaltiges Senkungsfeld, welches fast das ganze von dem Karpathengebirge umspannte Gebiet in sich begreift. Es ist das die ungarische Ebene, die zu den Karpathen gehört, wie die Poebene zu den Alpen oder das Tyrrhenische Meer zu den Apenninen. Allerdings bildet Niederungarn, das gewaltige, von Donau, Theiß und andern großen Flüssen durchströmte und von ihren Anschwemmungen überschüttete Flachland, keine ganz ununterbrochene Ebene, sondern es ragen mannigfache kleinere Berggruppen und Höhenzüge aus derselben hervor, so das Fünfkirchener Gebirge im Süden, vor allem aber jener von Südwesten nach Nordosten verlaufende Gebirgszug, welcher als das ungarische Mittelgebirge bezeichnet wird. Wie an einer frühern Stelle gezeigt wurde, bildet dasselbe in ähnlicher Weise eine Fortsetzung des nördlichsten Teiles der Südalpen, wie die karpathische Sandsteinzone sich an den Flyschgürtel der Alpen anschließt. Langgestreckt, aber mehrfach unterbrochen und ohne irgend welche namhafte Gipfelentwickelung zieht dieses Gebirge schräg durch Ungarn am nordwestlichen Ufer des Plattensees vorbei gegen das Knie der Donau bei Waitzen; der Bakonyer Wald, das Vertesgebirge, das Graner und Ofener Gebirge gehören demselben an. In der Gegend zwischen Gran und Ofen setzt der Bergzug über die Donau, wo dann weiterhin die Matra und das Bückgebirge sich anschließen. Diese allerdings nicht sehr hohe Kette scheidet die große ungarische Niederung in zwei ungleiche Teile; die sogenannte oberungarische Ebene im Nordwesten, welcher als Hauptorte Komorn und Raab angehören, wird auf diese Weise von Niederungarn geschieden, dessen unabsehbare Flächen die Theiß durchströmt.

Das westeuropäische Schollenland.

Die Region der südeuropäischen Kettengebirge mit den dazu gehörigen Gebieten des Mittelmeeres und des nordafrikanischen Gebirgslandes in Tunis, Algerien und Marokko wird sowohl im Norden als im Süden von weiten Räumen begrenzt, in welchen keine nennenswerte Aufrichtung junger Ablagerung stattgefunden hat. Gegen Süden bildet dieses ungestörte Areal eine geologische Einheit, die große afrikanische Wüstentafel, anders verhält es sich dagegen im Norden, wo die außerordentlich mannigfaltig gebauten Gebirge, Stufenländer und Ebenen von Mittel- und Nordeuropa vorliegen. Hier treten alte Massen auf, wie das Zentralplateau von Frankreich, die Vogesen, der Schwarzwald, der Böhmerwald und die mitteldeutschen Gebirge, abgestufte Sedimentärtafeln und Becken, wie das Pariser Becken, die süd- und mitteldeutsche Jura- und Triaslandschaft, weite Diluvialflächen, in welchen ältere Ablagerungen nur vereinzelt hervortreten, wie in der norddeutschen und in der sarmatisch-russischen Ebene. Kurz, die Mannigfaltigkeit ist eine sehr große, so daß es auf den ersten Blick schwer wird, Hauptzüge herauszufinden, welche diese vielfach zerstückelten Glieder beherrschen und über ihre tektonische Zusammengehörigkeit orientieren.

Trotzdem existieren solche leitende Erscheinungen, deren Bedeutung Sueß hervorgehoben hat. Betrachten wir das Vorland, welches sich nördlich der Karpathen ausbreitet, so finden wir in Ostgalizien, in Podolien und der Bukowina, wo die Flüsse sich tiefe Rinnsale in die Ebene eingeschnitten haben, unter dem Diluvium eine vollständig wagerechte Reihenfolge von Ablagerungen von Tertiär, oberer Kreide, bisweilen oberm Jura, dann folgt eine ungeheure Lücke, welche dem mittlern und untern Jura, der Trias, der Perm- und Kohlenformation entspricht, dann aber erscheinen, noch immer ganz horizontal gelagert, devonische und silurische Schichten.

Ganz anders verhält es sich im Westen; in den Sudeten sind noch Schichten des Jura und der Kreide aufgerichtet, in der Gegend von Krakau, im Gebirge von Kielce in Russisch-Polen sind Falten vorhanden, welche noch die Lagerung der Kreideschichten beeinflussen. Wir haben also den Ostkarpathen gegenüber ein Vorland, welches seit uraltester Zeit, vermutlich seit Beginn der kambrischen Formation, unbewegt geblieben ist, während in den den Westkarpathen gegenüberliegenden Gebieten wenigstens einige Faltungen bis in die Kreidezeit angedauert haben.

Wir haben also hier zwei verschiedene Typen, die wir beide über sehr große Räume verfolgen können. Wie in Podolien, so liegen in ganz Rußland, mit Ausnahme des Kaukasus, der Krim, des Donezschen Kohlenbeckens und des Urals, alle Bildungen bis zur Basis der kambrischen Formation in ungestörten horizontalen Schichten, am Dnjepr wie an der Wolga finden wir nur wagerechte Lagerung, und ebenso sehen wir in der Umgebung von Petersburg und in den Ostseeprovinzen die flach liegenden Thone und Glaukonitsande der kambrischen, die Kalke der silurischen Formation. Finnland ist überhaupt fast nur ein gewaltiger Granitklotz, wir wissen also nichts über die Lagerung von versteinerungsführenden Schichten; aber in Schweden und im östlichen Teile von Norwegen liegen wieder die kambrischen und silurischen Schichten ganz horizontal, und erst im westlichen Norwegen finden wir überall die paläozoischen Ablagerungen in der energischsten Weise gefaltet und aufgerichtet.

Die horizontale Lagerung ist also Regel im ganzen außeralpinen Osteuropa, dagegen kennen wir im ganzen Deutschen Reiche und in Österreich westlich von Lemberg, ferner in Frankreich und England keinen Fleck Erde, an welchem kambrische oder silurische Schichten ungestört vorkommen. Wir sehen also darin einen tief einschneidenden Unterschied zwischen Osten und Westen, der noch dadurch gesteigert wird, daß das westliche Gebiet von

viel zahlreichern und stärkern Brüchen durchzogen ist als das Ostland. Allerdings können wir die Grenze zwischen den beiderlei verschiedenen Typen nicht genau angeben; in Skandinavien liegt sie zwar klar zu Tage, auch in Galizien können wir wenigstens annähernd deren Lage bestimmen, aber in dem großen dazwischenliegenden Raume hat ein überaus dicker Mantel von jungen und jüngsten Bildungen sich über die alten Gesteine gelegt und verdeckt so die Linie, in welcher die zwei großen Typen aneinander stoßen, das westeuropäische Schollenland und die große russisch-skandinavische Tafel.

Wir betrachten in erster Linie die den Alpen unmittelbar vorgelagerten Gebiete. Nördlich von der gefalteten Molasse, welche noch dem Alpengebirge zugehört, breitet sich eine bald breitere, bald schmälere Fläche aus, welche wesentlich aus horizontal gelagerten Schichten des jüngern Tertiär und aus mächtigen Aufschüttungen diluvialer und alluvialer Gerölle, Konglomerate, Sande, Lehme &c. besteht. Weitaus die größte Verbreitung erreichen diese Vorkommnisse in der Donauhochebene, in den weiten Distrikten von Oberbayern und Oberschwaben, welche zwischen dem Außenrande des Gebirges und dem Auftauchen der Juraablagerungen aus dem Mantel der jungen Gebilde gelegen ist. Der Bau der ältern Ablagerungen im Untergrunde dieser Fläche ist vollständig unbekannt, und es wäre von sehr großem Interesse, wenn durch einige tiefe Bohrungen in dieser Region Aufschluß darüber geschaffen würde. Es wäre das ein Unternehmen, das auch praktisch von großem Erfolge begleitet sein könnte, da die Braunkohlenablagerungen, welche man am Alpenrande bei Miesbach, bei Pensberg, am Peißenberge &c. abbaut, sich vielleicht in der Tiefe weit nach Norden ausbreiten und z. B. in unmittelbarer Nähe von München aufgeschlossen werden könnten.

Die ältern Gesteine, welche sich nördlich von diesen jüngern Bildungen einstellen, sind sehr verschiedener Art: teils sind es gewaltige Massen uralter archäischer Gesteine, welche in plumpen Gebirgsstöcken über ihre Umgebung emporragen, teils treten mesozoische und namentlich jurassische Ablagerungen hervor, welche ein wesentlich andres Verhalten zeigen. In dem Raume zwischen dem Zentralplateau von Frankreich und dem Schwarzwalde sehen wir den südlichen Teil dieser mesozoischen Bildungen samt dem ihm aufgelagerten Tertiär gleich den Alpen gefaltet und aufgerichtet, es tritt hier der dem alpinen Systeme angehörige Kettenjura auf, der schon früher (s. S. 666) geschildert wurde; nach Nordwesten geht derselbe in ein horizontal gelagertes Tafelland jurassischer Schichten über, und dieses ist im Osten ausschließlich herrschend, wo sich das Gebiet des flach gelagerten „Plateaujura“ zeigt, sobald östlich vom Schwarzwalde kein stauendes Hindernis mehr vorhanden ist.

In dem weiten Raume zwischen den Massen des Schwarzwaldes und des bayrisch-böhmischen Grenzgebirges heben sich zunächst die Ablagerungen des obern Jura unter dem jüngern Schutt- und Schwemmlande empor und zwar nicht in vollständig flacher Lagerung, sondern sie fallen sehr schwach und dem Auge auf kurze Entfernung nicht wahrnehmbar gegen Süden oder Südosten ein. Erst dadurch, daß man die Schichten auf weitere Strecken verfolgt, findet man, daß ein und derselbe geologische Horizont gegen Nordwesten und Norden in immer höheres Niveau über der Meeresfläche hinaufrückt. Allerdings ist es sehr fraglich, ob das Versinken des Jura gegen Süden unter die Bildungen der Donauhochebene lediglich dieser leichten Schichtneigung zugeschrieben werden darf, man nimmt in der Regel an, daß hier auch die mesozoischen Bildungen an einer dem Laufe der Donau annähernd parallelen Spalte abgesunken seien.

Das Gebiet, welches der obere Jura in Franken und Schwaben einnimmt, die Rauhe Alb, ist eine unfruchtbare, wasserarme Hochfläche mit magerm Graswuchs, mit zahlreichen nackten Felskuppen, von Trockenthälern durchzogen, und häufig durch ausgezeichnete Dolinen, die sogenannten Windlöcher, unterbrochen; überhaupt zeigt dieses Gebiet Karstcharakter, wohl nicht stark ausgebildet, aber doch in allen seinen wesentlichen Zügen entwickelt. Innerhalb

dieser Hochfläche bilden die höhern Glieder des Jura, harte, klotzige Kalkmassen und Dolomite, eine Terrasse, und diese selben Kalke und Dolomite umschließen eine Anzahl von Becken, in welchen sich das oberste Glied des Jura, die Plattenkalke, abgelagert hat. Dem Komplex dieser Plattenkalke, die aber stellenweise auch normal über den tiefern Schichten liegen, gehören unter andern die berühmten lithographischen Schiefer an, welche in der Umgebung von Solnhofen, Mörnsheim, Eichstätt auf dem fränkischen Juraplateau in Steinbrüchen gewonnen werden, die an Großartigkeit wohl unübertroffen dastehen. Unterhalb dieser ersten Terrasse bilden die wohlgeschichteten Kalke, welche die untere Hälfte des obern Jura zusammensetzen, eine zweite Terrasse, welche dann an ihrem Rande mit gewaltigem Steilabfalle gegen das schwäbisch-fränkische Unterland absetzt; vom südöstlichen Ende des Schwarzwaldes zieht dieser Steilrand gegen Ostnordosten durch ganz Württemberg und das südliche Franken bis in die Gegend von Berching an der Altmühl; hier biegt derselbe plötzlich scharf nach Norden um und zieht durch die Fränkische Schweiz bis in die Nähe von Koburg. Die Ursachen, welche diesen Steilabsturz und das ganze Relief des schwäbisch-fränkischen Stufenlandes bedingen, haben wir schon bei einer frühern Gelegenheit als ein Beispiel der Gestaltung der Terrainoberfläche durch die Erosion besprochen und dabei gesehen, daß wir es lediglich mit einer Wirkung der Denudation zu thun haben, und daß die großen Niveauunterschiede nur von der verschiedenen Widerstandskraft der Gesteine gegen die zerstörenden Kräfte herrühren (s. Bd. I, S. 466).

Steigen wir von der oberjurassischen Terrasse ins Unterland hinab, so überrascht uns ein plötzlicher schroffer Wechsel im ganzen landschaftlichen Charakter, die oberjurassischen Gehänge sind meist dicht bewaldet, sowie man aus dem Kalke des mittlern Jura kommt, wird die Neigung eine schwächere. Die tiefern Schichten bilden reiches Kulturland, namentlich in Franken, während in Schwaben im mittlern Jura härtere, widerstandskräftige Gesteinslagen eingeschaltet, die Gehänge daher steiler und vielfach noch bewaldet sind und erst der Lias dann ein flach hügeliges, fruchtbares Land bildet, das „wie ein bunter Teppich am Fuße der Alb ausgebreitet daliegt“.

Der Keuper, die oberste Stufe der Trias, welcher nun unter dem Lias zum Vorscheine kommt, bildet wieder wegen seiner mächtigen und ziemlich harten Sandsteinbänke ein höheres Hügelterrain, seine Mergel bilden ein fruchtbares, namentlich an Wein und Obst reiches Land, während seine sandigen Partien die ergiebigsten Hopfengärten Deutschlands tragen, aber auch stellenweise ein mageres, dürres Terrain mit krüppeligem Föhrenwuchse abgeben, wenn dem Sande zu wenig thoniges oder kalkiges Bindemittel beigemischt ist. Der Muschelkalk, der sich weiterhin anschließt, bildet gleich den meisten Keupergesteinen fruchtbaren Boden, da der Kalk meist ziemlich stark thonig ist; wenig gewellt breitet sich die Muschelkalkfläche aus, von Feldern und mit zahlreichen Ortschaften bedeckt, die Flüsse schneiden tief ein, und an den Gehängen reifen manche der edelsten Weine Deutschlands, so der Stein- und Leistenwein bei Würzburg &c. An vielen Punkten liegen reiche Schätze von Steinsalz im mittlern Muschelkalke eingeschlossen, über welche an andrer Stelle berichtet ist. Die sechste Stufe der süddeutschen Terrassenlandschaft bildet endlich das tiefste Glied der Trias, der Buntsandstein, der zum größten Teile aus sehr klotzigen und widerstandskräftigen Bänken besteht und daher ein Bergland bildet, welches die ganze Gegend bis an die Grenze des obern Jura bedeutend überragt und mit den Jurarändern wetteifert, ja in einzelnen Kuppen diese sogar übertrifft. Er bildet einen großen Teil des Schwarzwaldes und der Vogesen, der Haardt, des Odenwaldes, den Spessart, die Rhön, und seine Höhen sind von den riesigsten Forsten bedeckt; der Buntsandstein ist die eigentliche Waldformation Deutschlands, aber für Feldbau wenig geeignet, stellenweise zur Moorbildung neigend und darum auch nur dünn bevölkert. Gerade im Herzen Deutschlands breiten sich diese unwirtlichen Striche aus, und

der lange Zeit hindurch so geringe Zusammenhang zwischen dem Norden und Süden unsers Vaterlandes ist zum großen Teile dem Umstande zuzuschreiben, daß auf der Grenze zwischen beiden sich diese den Verkehr hemmenden und intensiver Bebauung feindlichen Waldgebirge erstrecken, die allerdings nicht aus Buntsandstein allein bestehen, in denen dieser aber die bedeutendste Rolle spielt.

Sehr eigentümlich ist das Verhalten des Schwarzwaldes zu dem angrenzenden Teile des Stufenlandes. Der Schwarzwald besteht seiner Hauptmasse nach aus alten archäischen Gesteinen, aus Gneißen und Graniten, die namentlich in den höchsten südlichen Teilen vorherrschen; Ablagerungen der Kohlenformation und des Perm sind nicht in großer Ausdehnung vorhanden, dagegen nimmt der Buntsandstein großen Raum ein und spielt eine sehr bedeutende Rolle. Dabei ist seine Beziehung zu den alten Gesteinen eine sehr wechselnde; Buntsandstein liegt auf der Höhe des Gebirges auf manchen der bedeutendsten Erhebungen, z. B. auf der Hornisgrinde horizontal auf dem Gneiße, er lehnt sich an den Flanken des Gebirges in abstoßender Lagerung an den Gneiß und Granit an, er liegt am Fuße des Schwarzwaldes und wird dann hier der Reihe nach von den jüngern Triasbildungen bedeckt. Solche Verhältnisse treten in ganz derselben Weise auch in den Vogesen auf und haben Anlaß zu der Deutung gegeben, daß der älteste Teil der Sandsteine, der „Vogesensandstein", sich vor der Entstehung des Gebirges gebildet habe, nach Ablagerung dieses Horizontes wäre dann eine vollständig senkrechte Hebung eingetreten, so daß die jüngern Teile des Buntsandsteines sich nun an den Flanken und am Fuße der neuentstandenen Berginsel absetzen konnten. Die neuern Untersuchungen haben die Irrigkeit dieser Ansicht ergeben; in erster Linie zeigt es sich, daß die auf der Ostseite des Schwarzwaldes und auf der Westseite der Vogesen an das Gebirge angelehnten und an seinem Fuße befindlichen Massen von Buntsandstein hier nicht an einer alten Küste angelagert sind, sondern daß wir es nur mit der Wirkung einer Reihe von Verwerfungen zu thun haben. In jedem der beiden Gebirge ist auf der dem Rheine abgewendeten Seite eine Reihe paralleler, nordsüdlich verlaufender Verwerfungen, an welchen die Gesteine abgesunken sind; wir sehen hier eins der ausgezeichnetsten Beispiele eines stehen gebliebenen alten Pfeilers der Erdrinde, eines Horstes, vor uns, der sich in seiner ursprünglichen Lage erhalten hat, während alles ringsumher in stufenförmig angeordneten Brüchen abfällt. Wir müssen uns das Verhältnis so vorstellen, daß ursprünglich der ganze Schwarzwald und die Vogesen vom Buntsandsteine bedeckt waren, darüber lagen Muschelkalk und Keuper und der ganze Jura; die Unterlage des Buntsandsteines muß im ganzen süddeutschen Stufenlande annähernd in demselben Niveau gelegen haben wie im Schwarzwalde, und bis nach Norden zur Rhön war die ganze Schichtreihe wahrscheinlich bis hinauf zum obersten Jura vorhanden. Nun bildete sich ein sehr kompliziertes System großer Verwerfungen, und das heutige Stufenland sank in die Tiefe; in denjenigen Partien, die am tiefsten gesunken waren, konnte sich die Schichtfolge bis zum obern Jura erhalten, je weniger dagegen eine Scholle in die Tiefe gegangen war, um so stärker arbeitete die Denudation an ihren höhern Schichten und griff hinab, je nach der Lage bis auf den mittlern Jura, den Lias, den Keuper, den Muschelkalk oder den Buntsandstein, und auf dem alten Horste, dem Schwarzwalde und den Vogesen, ging die Entblößung bis auf die uralten kristallinischen Gesteine hinab. Wenn wir das Verhalten des Schwarzwaldes und der Vogesen zu den umgebenden, tiefer liegenden Gebirgsschollen ins Auge fassen, so erhalten wir ganz den Eindruck, als ob jene beiden Massen nicht voneinander getrennt wären, sondern einen zusammenhängenden Horst bildeten, so vollständig gleichmäßig senken sich die Stufenbrüche im Westen von den Vogesen, im Osten vom Schwarzwalde ab. In der That ergibt eine nähere Betrachtung der Rheinebene zwischen Schwarzwald und Vogesen, daß hier in verhältnismäßig später Zeit eine große Senkung stattgefunden hat.

Schwarzwald und Vogesen waren ursprünglich eine einheitliche Masse, und die Rheinebene zwischen beiden ist erst spät dadurch entstanden, daß das Mittelstück in einer ausgezeichneten Grabenversenkung in die Tiefe gegangen ist. Treten wir aus dem Raume zwischen Schwarzwald und Vogesen heraus nach Norden, so finden wir, daß ganz ähnliche Verhältnisse auch weiterhin noch herrschen; die Muschelkalkgelände des Kraichgaues im mittlern Baden und der Odenwald schneiden im Osten genau in derselben Weise gegen die Rheinebene ab, und im Westen finden wir das gleiche Verhältnis in der Haardt und in den nördlichern Teilen der Pfalz. Wir müssen hier die gleichen Vorgänge annehmen, und wir können mit Bestimmtheit die ganze Rheinebene, die sich mit ziemlich gleich bleibender Breite von Basel bis Frankfurt zieht, als eine einheitliche Grabenversenkung bezeichnen; jüngere Bildungen tertiären, diluvialen und alluvialen Alters haben diesen Strich überschüttet und die Höhenunterschiede ausgeglichen, und so breitet sich über den Ruinen des in die Tiefe gebrochenen Mittelstückes jenes einst einheitlichen Gebirges heute einer der gesegnetsten Landstriche Deutschlands aus.

Wie die Doppelmasse des Schwarzwaldes und der Vogesen im Westen, so schließt im Osten die böhmische Masse die süddeutsche Stufenlandschaft ein; wir treten hier an eins der eigentümlichsten Gebiete Europas heran, an eine geologische Individualität von großer Selbständigkeit, die sich nach allen Richtungen scharf abgrenzt und auf jeder geologischen Karte mit augenfälliger Klarheit hervortritt. Im Süden und Südwesten finden wir zunächst die eigentliche böhmische Masse, einen riesigen Klotz altkristallinischer Bildungen, welche den Bayrischen Wald, das südliche Böhmen und die angrenzenden Teile von Ober- und Niederösterreich und von Mähren umfaßt[1]; es treten hier Gneiße, Granite, Glimmerschiefer, Urthonschiefer auf, welche sicher älter sind als die ältesten fossilführenden Ablagerungen der kambrischen Formation, und zwar ist die Anordnung der Hauptsache nach eine derartige, daß im Südwesten die tiefsten Glieder, rötliche und bunte (bojische) Gneiße und ihnen ähnliche Granite, erscheinen; darüber folgen graue (hercynische) Gneiße, dann Glimmerschiefer und verwandte Gesteine, die ihrerseits wieder von Urthonschiefern oder Phylliten bedeckt werden; gegen Norden fallen dann diese am Rande der alten Masse ihrerseits unter die kambrischen Ablagerungen der böhmischen paläozoischen Falte, des sogenannten Prager Silurbeckens, ein.

Diese archäischen Gesteine, welche im bayrischen Gebiete namentlich von Gümbel, im böhmischen von Hochstetter eingehend untersucht wurden, erreichen eine ganz enorme Mächtigkeit, die von dem letztern Forscher auf mehr als 33,000 m veranschlagt wird. Jüngere als archäische Bildungen beteiligen sich an dem Aufbaue dieses Massivs nur in äußerst untergeordnetem Maße, die ganze paläozoische und mesozoische Reihe fehlt vollständig, nur einige tertiäre Süßwasserablagerungen und junge diluviale und alluviale Ausschwemmungen legen sich oberflächlich auf die uralten Felsarten. Die Abgrenzung des Gebietes gegen Westen wie gegen Osten bilden Verwerfungen, wir haben es auch hier mit einem Horste zu thun, der stehen blieb, während seine ganze Umgebung in die Tiefe sank, und der wahrscheinlich mit Beginn der paläozoischen Ära nie wieder seiner ganzen Ausdehnung nach vom Meere bedeckt war.

Während eines ungeheuer langen Zeitraumes haben demnach alle zerstörenden Agenzien auf die Gesteine einzuwirken Gelegenheit gehabt, und in der That haben sie auch ihr Werk in ausgiebigster Weise gethan. In der Anordnung der Höhenzüge, in den Gebirgsformen macht sich nirgends ein Einfluß der Lagerung der Streichungsrichtung und der Schichtstellung geltend; wäre diese maßgebend, dann müßte sich hier ein sehr hohes alpines Gebirge erheben mit ausgesprochen nordwest-südöstlicher Streichungsrichtung, in Wirklichkeit haben wir aber ein mittelhohes Bergland vor uns mit runden Bergformen und regellos angeordneten

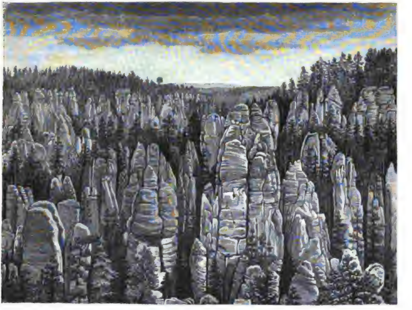
[1] Vgl. auf der S. 661 beigehefteten Tafel „Geologische Karte der Alpen" den südlichen Teil der böhmischen Masse von Regensburg bis Znaim.

Höhenzügen, oder es liegt eine nur wenig wellige Hochfläche vor uns, kurzum wir haben es mit einem ausgezeichneten Abrasionsgebiete zu thun, das aber nicht durch die brandenden Wellen eines vorrückenden Meeres, sondern durch die langsame und geräuschlose Thätigkeit der subaerischen Denudation seine Form erhalten hat.

An die mächtige geschlossene Masse kristallinischer Gesteine, welche das südliche Böhmen und die angrenzenden Gebiete zusammensetzen, reihen sich einige andre Gebirge, zum größten Teile ebenfalls aus alten archäischen Ablagerungen zusammengesetzt, und sie umschließen zusammen den großen böhmischen Kessel. Gegen Nordosten ist derselbe durch das Bergsystem der Sudeten begrenzt, gegen Nordwesten durch das Erzgebirge, gegen Westen durch die Ausläufer des Fichtelgebirges, des Karlsbader Gebirges und den nordwestlichen Teil des Böhmerwaldes, welcher vom südöstlichen Walde durch eine tiefe Einsenkung getrennt ist. Liegt auch der böhmische Kessel tiefer als der Kranz von Bergen, der ihn umgibt, so bildete derselbe doch seit uralter Zeit ein Plateau, das sich über das durchschnittliche Niveau des größten Teiles von Europa erhob und daher meist nicht vom Meere überflutet war, während die umgebenden Länder von demselben bedeckt wurden. In großer Ausbreitung finden sich alte kambrische Schichten, welche den kristallinischen Schiefern der archäischen Periode gleichmäßig aufgelagert sind und eine von Nordosten nach Südwesten gestreckte Ellipse bilden, in deren Zentrum die Städte Beraun und Horowitz gelegen sind, während Klattau und Prag sich in der Nähe der beiden Enden befinden. Die kambrischen Ablagerungen bilden der Hauptsache nach eine sehr große synklinale Falte, welche, zwischen den archäischen Gesteinen eingeklemmt, der Zerstörung durch Denudation entgangen ist und ihrerseits wieder das sehr kleine, aber durch seinen ungeheuern Versteinerungsreichtum berühmt gewordene Silurgebiet und eine ganz kleine Quetschfalte von unterm Devon umfaßt. Wir haben es hier mit den letzten Denudationsresten einer vormals wahrscheinlich sehr weit verbreiteten Ablagerung zu thun, die vermutlich über die das südliche Böhmen und den Nordrand von Ober- und Niederösterreich bildenden kristallinischen Massen wegreichten und sich bis in die Alpen erstreckten, wo verwandte Vorkommnisse auftreten. Mit dem untern Devon schließt für lange Zeit die Reihenfolge der Meeresgebilde in Böhmen; flözführende Schichten der Kohlenformation breiten sich übergreifend in horizontaler Lagerung über den abradierten Schichtköpfen von archäischen, kambrischen und silurischen Bildungen aus, das Rotliegende mit seinen roten Sandsteinen und Konglomeraten, mit Kohlenflözen und stellenweise mit Kalkbänken nimmt einen sehr großen Raum ein, aber in keiner dieser Ablagerungen ist jemals eine marine Versteinerung gefunden worden. Die Trias fehlt ganz, von mittlerm und oberm Jura, allerdings in mariner Entwickelung, finden sich nur überaus schwache Spuren im äußersten Nordosten am Fuße der Sudeten, die untere Kreide fehlt, und erst mit der obern Kreide, die über so weite Strecken hin übergreifend auftritt, dringt das Meer wieder in Böhmen ein, und aus ihm schlagen sich die Massen von Plänermergeln und Quadersandsteinen nieder, welche hier ein so großes Gebiet bedecken und sich von da in die Sächsische Schweiz, dem Laufe der Elbe folgend, fortsetzen. Ihre in seltsamen Formen verwitternden Felsmassen bilden die merkwürdigen Felspartien, welche den Lauf der Elbe begleiten, in noch abenteuerlicherer Form aber treten sie im sudetischen Gebiete in den vielgenannten Weckelsdorfer und Adersbacher Steinen auf (s. Abbildung, S. 685). Nach dem Schlusse der Kreideformation dringt das Meer nicht mehr in den böhmischen Kessel vor; wohl findet sich viel Tertiär, allein es sind Binnenablagerungen mit mächtigen Braunkohlenflözen von oligocänem und miocänem Alter, welche, von riesigen Eruptivmassen von Basalt begleitet, namentlich im Nordwesten, am südlichen Abbruche des Erzgebirges, erscheinen.

Von besonderm Interesse ist das Verhältnis der böhmischen Masse und des ihr vorliegenden Beckens zu den Randgebirgen im Norden und Osten, namentlich zu den Sudeten

und zum Erzgebirge; auf dem großen archäischen Massiv und selbst auf den Schichtköpfen der innerböhmischen kambrisch-silurischen Synklinale liegen die Schichten der produktiven Kohlenformation in ziemlich ungestörten Schichten, und um so mehr ist das mit den Ablagerungen des Pläners und Quadersandsteines der Fall. Wir haben es also hier mit einer Scholle der Erdrinde zu thun, die seit außerordentlich langer Zeit keine größern Bewegungen mehr mitgemacht hat; dagegen sehen wir die Kreideschichten am Rande der Sudeten und des Erzgebirges noch gestört und aufgerichtet, diese beiden Randgebirge waren also noch in einer ziemlich späten Zeit von Faltungsbewegungen betroffen, sie stellen also, wenn auch



Die Adersbacher Steine. Vgl. Text, S. 684.

an sich keine jungen Kettengebirge, doch der uralten böhmischen Masse gegenüber ein erst später zur Ruhe gelangtes Gebiet dar, das auch aller Wahrscheinlichkeit nach früher in tieferm Niveau lag als die innerböhmische Region. Die Richtigkeit dieser Annahme geht für die Sudeten schon daraus hervor, daß hier die Reihenfolge der marinen Ablagerungen weit vollständiger ist als im Innern Böhmens; wir finden hier mittleres und oberes Devon, den untern Teil der Kohlenformation, mittlern und obern Jura als Meeresabsätze entwickelt, und es ist sehr wahrscheinlich, daß selbst zur Zeit des obern Jura und der obern Kreide das ganze Sudetengebiet oder wenigstens sein größter Teil unter Wasser war. Allerdings würden wir in den höhern Gebirgsregionen vergebens nach Ablagerungen dieses Alters suchen, sie sind hier durch Denudation entfernt worden, wie das aus der sehr sonderbaren Lagerung des Jura am südlichen Fuße des Riesen- und Isergebirges in Böhmen und Sachsen hervorgeht. Hier finden sich bei Hohenstein, Weinböhla, Kaa, Sternberg und einigen andern Orten sehr beschränkte Vorkommnisse von Jura, welche seltsamerweise unter Granit

Digitized by Google

liegen und von diesem bedeckt werden; von großer Wichtigkeit war es, als der Nachweis gelang, daß der Jura seinerseits auf überkippten Schichten der obern Kreide aufruht, daß man es also mit einem in größtem Maße überstürzten Schichtsysteme zu thun habe. Es ist keine andre Erklärung möglich, als daß wir es in diesem Jura mit den letzten Resten einer sonst überall zerstörten Bildung zu thun haben, von der sich nur bescheidene Trümmer der Vernichtung da entziehen konnten, wo sie vom Granit überlagert und durch diese widerstandskräftige Decke geschützt waren. Wo die Sudeten an den böhmischen Kessel anschließen, ist die Grenze eine verhältnismäßig einfache, verwickelter aber gestalten sich die Beziehungen weiter im Süden, wo sie mit den archäischen Gesteinen der böhmischen Masse zusammentreffen. Hier geht die Richtung der Sudetengrenze allmählich aus einer nordwestlichen in eine nordsüdliche über, die archäischen Gesteine der alten Masse sind von einem Saume von Rotliegendbildungen umgeben, und gegen diese stoßen nach Sueß in einer großen Bruchlinie, aus welcher die Massen des Brünner Syenites hervorgetreten sind, der Reihe nach die einzelnen sudetischen Ablagerungszonen, die verschiedenen Horizonte des Devon und der Kulm, ab. Gegen außen, gegen Osten und Nordosten, verflachen die Sudeten mehr und mehr, als ihre Fortsetzung und ihr Vorland können die Vorkommnisse älterer Gesteine in Schlesien, in der Gegend von Krakau und im Südwesten von Russisch-Polen angesehen werden; als ein letzter Ausläufer nach Osten tritt noch das kleine Gebirge von Sandomir und Kielce in Polen hervor, wo wir eine reiche Entwickelung des Devon, Zechsteines und obern Jura finden, dann versinken die ältern Gesteine unter den jüngern Bildungen der Ebene, und wo wir solche im Osten wieder treffen, haben wir es schon mit dem ganz abweichenden Typus der russischen Tafel zu thun.

Ein wesentlich andres Bild als die Sudeten bietet das Erzgebirge, welches Böhmen nach Nordwesten abschließt. Herrschte in der böhmischen Masse und in den Sudeten wesentlich eine nordwest-südöstliche Richtung vor, so tritt uns hier die südwest-nordöstliche Streichung entgegen; die sudetische Richtung schwenkt hier in die erzgebirgische Richtung um, welche dann überall in den mitteldeutschen Gebirgen die herrschende ist. Das Erzgebirge stellt der Hauptsache nach ein plateauartig geformtes Gebilde dar, welches aus stark abradierten Falten von archäischen und altpaläozoischen Schichten besteht; über diese haben sich vielfach übergreifend Ablagerungen von oligocänen Braunkohlengesteinen gebreitet. Die Gipfelentwickelung im Erzgebirge ist eine sehr geringe, die bedeutendsten Höhenpunkte erheben sich nur verhältnismäßig wenig über ihre Umgebung; gegen Sachsen zu ist der Abfall ein ziemlich sanfter und verflacht sich hier allmählich in das sächsische Becken, gegen Böhmen dagegen bricht das Erzgebirge mit einem gewaltigen Steilabsturze ab, hier ist seine Fortsetzung an einer riesigen Verwerfung in die Tiefe gesunken, und im Süden derselben haben sich in dem Senkungsfelde die bedeutendsten Braunkohlenablagerungen Böhmens gebildet, deren fossiler Brennstoff weithin die Elbe hinab bis nach Hamburg verfrachtet wird. In diesem Bruchgebiete treten auch die gewaltigen Eruptivmassen von Basalt auf, welche das böhmische Mittelgebirge charakterisieren, und demselben Lande entsteigen als ein letzter Überrest ehemaliger vulkanischer Thätigkeit zahlreiche heiße Quellen, die weltberühmten Thermen von Karlsbad, Teplitz und den andern böhmischen Bädern. Im Süden liegt jenseit dieser Einsenkung dem Erzgebirge das Karlsbader Gebirge gegenüber, gleichfalls aus archäischen Gesteinen zusammengesetzt, und man kann wohl mit Bestimmtheit annehmen, daß beide ursprünglich miteinander in Zusammenhang waren und erst später die zwischen beiden gelegene Tiefung durch Einbruch entstanden ist. Demnach würde diese eine Grabenversenkung darstellen, und treffend vergleicht Penck dieselbe mit dem Rheinthale, das zwischen den beiden alten Massen, den Vogesen und dem Schwarzwalde, eingesunken ist. Den äußersten westlichen Eckpfeiler der Umrandung Böhmens bildet das Fichtelgebirge, ein Bergsystem von

äußerst verwickeltem Baue, dessen nähere Kenntnis wir Gümbel verdanken, und welches nach diesem Forscher namentlich dadurch ausgezeichnet ist, daß in demselben die Richtung des Erzgebirges und des bayrisch-böhmischen Waldes ineinander greifen, indem die Falten die erstere, die Verwerfungen die letztere Direktion einhalten. Das Fichtelgebirge und das Westende des Erzgebirges bilden nicht nur die westliche Ecke des böhmischen Vierecks, sie stellen auch den Ausgangspunkt für ein andres sehr wichtiges orographisches Glied dar, für den sogenannten mitteldeutschen Gebirgsriegel, die Schwelle von waldigen Bergzügen, welche den Norden Deutschlands vom Süden trennen.

Die Bergregion, welche man mit diesem Namen bezeichnet, ist allerdings durchaus kein einheitliches Gebirge in geologischem Sinne, sondern sie setzt sich aus sehr verschiedenartigen Gliedern zusammen. Das Zentrum bilden von Osten her der Frankenwald und der Thüringer Wald, nach Nordwesten gerichtete alte Horste, im Westen besteht die Hauptmasse aus dem rheinischen Schiefergebirge mit seinen zahlreichen untergeordneten Gliedern auf beiden Seiten des Rheines. Dazu treten von Süden her hohe Ausläufer des süddeutschen Stufenlandes, vor allen die Rhön, in welchen namentlich Buntsandstein und in zweiter Linie Muschelkalk, vergesellschaftet mit gewaltigen Basalteruptionen, bedeutende Erhebungen ausmachen. Nördlich vom Thüringer Walde folgt eine weniger hohe Triaslandschaft und dann wieder Gebirge mit gestörten Schichten, vor allen der Harz mit seinen Ausläufern und, an ihn anschließend, das sogenannte subhercynische Hügelland, ein von Südsüdosten nach Nordnordwesten verlaufender Komplex ziemlich niedriger Berggruppen, zu denen die Vorhöhen des Harzes, ferner Hils, Deister, Süntel, Wiehengebirge und Teutoburger Wald gehören; immer flacher werdend, verlieren sich endlich die Ausläufer dieser Wellen nach Norden und Osten unter die jungen Gebilde der großen Ebene. Thüringer Wald und Frankenwald sind Horste, die beiderseits durch Bruchsysteme in nordwestlicher Richtung ihre Haupterstreckung erhalten, während die Schichtzonen des Gebirges ein andres und zwar nordöstliches Streichen zeigen. Altkristallinische Schiefer, kambrische, silurische und devonische Ablagerungen, sehr ausgedehnte permische und triadische Bildungen sowie große Massen porphyrischer und verwandter Massengesteine nehmen den wesentlichsten Anteil an dem Aufbaue, während jüngere, namentlich jurassische, Schichten, die früher ohne Zweifel vorhanden waren, durch Denudation zerstört und fortgeführt worden sind. Einen zweiten mächtigen Horst stellt der Harz dar, der prall aus dem umgebenden niedrigern Lande aufsteigt; allerdings sind an dem Fuße des Gebirges selbst verhältnismäßig noch sehr junge Ablagerungen, die oberste Kreide, sehr stark aufgerichtet, ja nach Beyrich zeigen sich selbst in den Sanden der oligocänen Braunkohlenschichten noch sehr merkwürdige Störungen; wenn aber auch noch junge Faltungsbewegungen eingetreten sind, so sind diese doch nicht die wesentlich bedingende Ursache der Hervorragung. Die Granite und die namentlich der devonischen und karbonischen Formation angehörigen Sedimente bilden die eigentliche Masse des Gebirges, an welche die jüngern Bildungen nur wenig hinanreichen. Der Bau des Gebirges, den namentlich Lossen neuerdings außerordentlich genau untersucht hat, ist ein sehr verwickelter. Die ältern Ablagerungen, die kristallinischen Schiefer und die paläozoischen Formationen, welche die Hauptmasse des Gebirges bilden, sind in derselben Weise wie diejenigen des Erzgebirges und des Thüringer Waldes in nordöstlich gerichtete Falten gelegt, während die großen Bruchlinien, welche die Haupterstreckung des Gebirges bedingen, gegen Nordwesten gerichtet sind, ebenso wie die jungen Falten am nordöstlichen Fuße des Harzes, welche noch eine Störung der jüngsten Kreideschichten hervorbringen, und dasselbe gilt von deren Fortsetzung nach Nordwesten, von den Falten, welche, gegen Nordwesten gerichtet, das subhercynische Hügelland, die Höhenzüge des Hils, Deister, Süntel, des Teutoburger Waldes &c. bilden. Es sind das niedrige, aber zum Teile energisch gestörte Bergzüge,

in welchen vorwiegend mesozoische Ablagerungen auftreten, teilweise mit großem Versteinerungsreichtume, aber größtenteils von jüngern Bildungen umhüllt und sehr ungenügend aufgeschlossen, so daß deren Untersuchung und Entzifferung mit ganz außerordentlichen Schwierigkeiten verbunden ist. Fast alle die reichen Fundorte des Jura und der untern Kreide und viele der obern Kreide, welche die Fauna dieser Formationen für Norddeutschland geliefert haben, gehören diesem Gebiete an, und Hils, Deister und manche andre dieser kleinen Gebirgsgruppen bilden klassische Lokalitäten. Der äußerste nordwestliche Ausläufer dieses Gebietes ist die Weserkette und der Teutoburger Wald; nach Norden und Westen tauchen dann die mesozoischen Bildungen unter die Diluvialmasse der Ebene hinab, im Süden schließt sich das westfälische Kreideland an, in welchem schon eine ganz andre Ordnung der Dinge herrscht.

Vielfach andre Verhältnisse finden wir im westlichen Teile des mitteldeutschen Berglandes; hier herrscht überall ausschließlich die nordöstliche Richtung vor, welche wir schon in den ältern Falten des Erzgebirges, des Fichtelgebirges, des Thüringer Waldes, des Harzes &c. gefunden haben. Zu beiden Seiten des Rheines tritt ein sehr ausgedehntes Plateau- und Bergland auf, welches ganz dem Nordoststreichen folgt, und das wir als das rheinische Schiefergebirge im weitesten Sinne des Wortes bezeichnen wollen. Hervorragende Berge und ausgesprochene Kammlinien fehlen diesem seit außerordentlich langen Zeiträumen der Denudation ausgesetzten Gebiete fast ganz, aber trotzdem ragt es noch immer über das umgebende Tiefland empor, wie es ganze Zeitalter hindurch als Insel sich aus dem Ozeane erhob. Das rheinische Schiefergebirge, welches namentlich durch die ausgezeichneten Untersuchungen von H. v. Dechen genau bekannt ist, erstreckt sich in sehr großer Breite zu beiden Seiten des Rheines; auf dem linksrheinischen Ufer grenzt es im Süden an das Pfälzer Gebirge und an das Saarbrücker Kohlenbecken, dessen hohe Bedeutung in technischer und wissenschaftlicher Hinsicht an einer andern Stelle gewürdigt werden wird. Soonwald, Idarwald, Hunsrück, Hochwald, Eifel, Hohes Venn sind hier die wichtigsten Glieder dieses Hochlandes, seine unmittelbare Fortsetzung gegen Westen bilden in Belgien und bis nach Frankreich fortstreichend die Ardennen. Der rechtsrheinische Gebirgsabschnitt, welcher Taunus, Westerwald, Siegerland, Sauerland und das westfälische Kohlenrevier umfaßt und nach Norden unter die Decke junger Kreidebildungen hinabtaucht, wird von dem linksrheinischen Gebiete im Süden von Bingen bis etwa in die Gegend von Remagen nur durch die schmale Erosionsrinne des Rheinthales getrennt. Im Norden dagegen tritt die weite niederrheinische Bucht zwischen die beiden Hälften des Gebirges ein, die sich von Eschweiler und Düsseldorf bis oberhalb Bonn als weite ebene Fläche hinzieht, ein Ausläufer der großen norddeutschen Ebene. Weitaus den größten Anteil an dem Aufbaue des Schiefergebirges nehmen die überaus mächtigen devonischen Grauwacken, Schiefer und Kalke, welche gerade hier den schönsten Typus der Marinentwickelung dieser Formation bieten. Von ältern Gesteinen sind namentlich die kristallinischen Schiefer des Hohen Venn zu nennen sowie einige spärliche Silurvorkommnisse in den Ardennen; von jüngern Schichten ist vor allen das Auftreten der flözführenden Kohlenformation von größter Wichtigkeit, welche namentlich am Nordrande die großen westfälischen Kohlenbecken sowie die Vorkommen der Umgebung von Aachen, endlich diejenigen Belgiens umfassen. Von noch jüngern Bildungen liegt in einigen Gegenden Trias übergreifend auf den Schichtköpfen des abradierten Schiefergebirges, von Norden her zieht sich obere Kreide über die niedrigern Ausläufer, und namentlich im Gebiete des Westerwaldes treten ausgedehnte Partien tertiärer Binnenablagerungen vergesellschaftet mit bedeutenden Vorkommnissen basaltischer Eruptivgesteine auf. Auch außerdem sind junge Ausbruchsprodukte im Gebiete des rheinischen Schiefergebirges in großer Menge vorhanden und an zahllosen Stellen zerstreut, unter denen namentlich die jungen, der neuesten

Periode angehörigen Bildungen der Eifel, der Umgebung des Laacher Sees und der Gegend von Bonn von Wichtigkeit sind (s. Bd. I, S. 218).

Nördlich von den mitteldeutschen Gebirgen breitet sich die weite norddeutsche Ebene aus, deren Oberfläche hauptsächlich aus ganz jungen diluvialen und alluvialen Bildungen besteht. Das Wichtigste, was über die Beschaffenheit dieser Ablagerungen zu sagen ist, wurde schon früher eingehend hervorgehoben. Aus dieser jungen Decke ragen aber auch an vielen Stellen ältere Bildungen hervor, unter denen das Tertiär die erste Rolle spielt; auch Kreide ist namentlich auf einer Zone verbreitet, welche den Norden der Ebene gegen die Ostsee bildet; Jura hat sich in Pommern, Mecklenburg und Ostpreußen gefunden, während Muschelkalk in der berühmten, durch riesige Steinbrüche aufgeschlossenen Scholle von Rüdersdorf auftritt. Schleswig, Jütland und die dänischen Inseln bilden in geologischer Hinsicht die unmittelbare Fortsetzung der norddeutschen Ebene, sie stellen in keiner Weise selbständige Individualitäten dar; erst in Schweden und Norwegen treffen wir auf durchaus abweichendes und anders gebautes Land, dessen Besprechung uns später beschäftigen wird.

Wie an den Schwarzwald gegen Osten, so reihen sich an die Vogesen gegen Westen Stufenbrüche, an welchen die Ablagerungen nach dieser Richtung in die Tiefe gesunken sind, so daß die jüngern Bildungen des Muschelkalkes, des Keupers und des Jura am Fuße des aus ältern Gesteinen bestehenden Gebirges liegen. Wir befinden uns hier am Rande eines großen Beckens, in dessen äußern Teilen die ältesten Glieder hervortreten, während gegen innen immer jüngere Schichten folgen. Es ist dies das Becken von Paris, dessen äußere Umrandung wir zunächst ins Auge fassen. Eine Anzahl alter Pfeiler fassen dasselbe ein und lassen nur verhältnismäßig geringen Raum zwischen einander übrig, in welchem die jüngern Ablagerungen im Innern mit denjenigen im Südosten und Südwesten in Verbindung treten. Im Nordosten bilden die Ardennen und das rheinische Schiefergebirge die Begrenzung, gegen Osten schließen sich die Vogesen an; den Südrand bildet der größte aller mitteleuropäischen Horste, das Zentralplateau von Frankreich, welches von den Vogesen durch eine ziemlich breite Zone jurassischer und kretacischer Ablagerungen, dem Bindegliede zwischen den gleichalterigen Bildungen des Pariser Beckens und denjenigen des Juragebirges und des Rhônebeckens, getrennt wird. Das Zentralplateau von Frankreich besteht vorwiegend aus Gneißen und andern kristallinischen Gesteinen, zwischen denen mehrfach Denudationsreste jüngerer Bildungen eingeklemmt sind; weitaus die größte Bedeutung unter diesen haben einige Schollen von Kohlengebirgen bei St.-Etienne und an andern Orten, welche unter den wenig bedeutenden Kohlenvorkommnissen Frankreichs eine Hauptrolle spielen. Außerdem sind ausgedehnte Ablagerungen von tertiären Süßwasserschichten zu nennen, welche stellenweise eine reiche Ausbeute von Säugetierknochen geliefert haben; vor allem aber sind die Eruptivgesteine bemerkenswert. Wir haben schon früher gesehen, daß hier große Massen tertiärer Trachyte und Basalte sowie eine bedeutende Menge sehr junger Krater mit ihren wohlerhaltenen Lavaströmen und Auswürflingen auftreten (s. Bd. I, S. 216—218). Nordwestlich vom Zentralplateau ziehen sich in breiter Zone Jura und Kreideschichten nach Süden und verbinden so das nordfranzösische Becken mit demjenigen der Garonne im südwestlichen Frankreich. Nach Westen bildet dann die Grenze des Pariser Beckens wieder ein großes Gebiet archäischer Gesteine und älterer paläozoischer Ablagerungen, die armorikanische Masse, welche mit westlich bis nordwestlich gerichtetem Schichtenbaue einen großen Teil des nordwestlichen Frankreich einnimmt; die ganze Bretagne und die westlichen Teile von Poitou, Anjou, Maine und der Normandie bestehen aus diesen Gebilden, und diese setzen die beiden nordwestlichen Halbinseln Frankreichs zusammen.

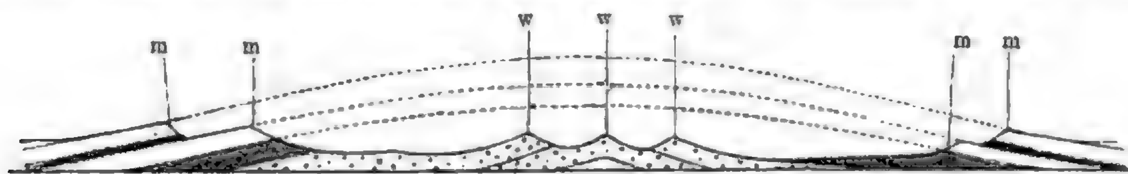
Das Pariser Becken ist eine große Mulde, innerhalb welcher man, von außen nach innen vorschreitend, zu immer jüngern Schichten gelangt; mag man von Westen, Süden, Osten

oder Nordosten gegen die Mitte zu gehen, so trifft man in der Regel zuerst auf Lias, dann auf mittlern und obern Jura, auf untere und obere Kreide, bis man im Zentrum auf die wegen der Menge ihrer wohlerhaltenen Fossilreste berühmten eocänen und oligocänen Ablagerungen stößt. Hier sind die Fundstellen der Säugetierknochen, welche das Hauptmaterial für die epochemachenden Untersuchungen von Cuvier geliefert haben, die Lagerstätten jener zahllosen Arten von Muscheln und Schnecken, welche in den großen Werken von Lamarck und Deshayes beschrieben sind, und welche noch immer unerschöpflich zu sein scheinen.

Besondere Berücksichtigung verdient die Begrenzung des Pariser Beckens nach Norden; statt der nordöstlichen Gebirgsrichtung der Ardennen und des rheinischen Schiefergebirges stellt sich im südwestlichen Belgien nordwestliches Streichen ein, welches sich in den abradierten Falten des Kohlengebirges im Grenzgebiete von Frankreich geltend macht und sich bis nach Boulogne sur Mer verfolgen läßt, wo auf nordwestlich streichendem ältern Gebirge mittlerer Jura in übergreifender Lagerung ruht. Wo nun diese nordwestliche Richtung des ältern Gebirges herrscht, da tritt der sonst allgemein konzentrisch schalige Bau des Pariser Beckens zurück, die jüngern Ablagerungen scheinen hier abzubrechen. Bei Boulogne erreicht der ältere Rücken das Meer, und von da an gegen Westen streichen die Tertiär-, Kreide- und Juraschichten gegen die Küste hinaus, an der sie abschneiden.

Das südliche England bildet in seinem geologischen Baue die Fortsetzung des nördlichen Frankreich, die einzelnen Zonen von Ablagerungen lassen sich über den Kanal weg verfolgen, und auch einzelne Störungslinien kehren jenseits wieder. Überhaupt stellt der schmale Meeresarm des Englischen Kanals nur eine unbedeutende seichte Aushöhlung des Bodens dar, und eine außerordentlich geringe Schwankung im Niveau des Meeres würde hinreichen, um die britischen Inseln mit dem Festlande zu vereinigen. Ein Sinken des Meeresspiegels um 40 m würde schon eine breite Halbinsel von Holland nach dem westlichen England, nach Norfolk und Lincolnshire, trocken lassen, und eine Abnahme des Meeres um 80 m würde hinreichen, um die ganze westliche und südliche Küste von der schottischen Grenze bis Cornwallis, von Berwick bis Plymouth landfest zu machen, während Irland bei diesem Zustande nur durch eine ganz schmale Halbinsel mit England verbunden wäre. Die alte armorikanische Masse, welche die nordwestliche Ecke Frankreichs bildet, setzt sich zunächst in die englischen Kanalinseln Jersey, Guernsey ꝛc. fort, und auf englischem Boden bilden die alten Granite und die paläozoischen Bildungen von Cornwallis ein durch das Meer abgetrenntes Stück desselben Massivs. Wir haben hier die Region der großen Zinnlagerstätten und das Gebiet, von welchem der Name der devonischen Formation seinen Ursprung genommen hat. Eine Fortsetzung des alten Gebirges von Cornwallis jenseit des Bristolkanals bildet dasjenige von Wales und den angrenzenden Teilen von England; diese Partie wird nur durch eine nicht sehr bedeutende Zone jüngerer, vorwiegend triadischer Schichten, die bei Liverpool nordwärts an das Meer hinausstreichen, von einer weitern großen Entwickelung alter Ablagerungen getrennt, welche die Penninkette und den ganzen nordwestlichen Teil Englands zusammensetzen und etwas nördlich von der Mündung des Tees auch die Ostküste erreichen. Diese beiden paläozoischen Gebiete von Wales und von Nordengland gehören zu den in geologischer Hinsicht interessantesten und wichtigsten Gegenden; Wales hat die prachtvoll entwickelten Typen der kambrischen und silurischen Formation für Sedgwick, Murchison und ihre Nachfolger geliefert, die Gliederung der Kohlenformation hat von hier ihren Ausgangspunkt genommen, und die Schätze an fossilem Brennstoffe und an Eisenerzen, welche die Karbonablagerungen dieses Terrains liefern, haben mehr als irgend ein andrer äußerer Umstand dazu beigetragen, England auf die Stufe von Macht und Reichtum zu heben, welche es heute einnimmt. Wie im Pariser Becken an die armorikanische Masse, so schließen sich in England an diese paläozoischen Gebilde jüngere

Ablagerungen von mesozoischem und tertiärem Alter in der Weise an, daß Trias, Jura, Kreide und Tertiär der Reihe nach durchschnitten werden in dem Maße, als man sich von dem Rande der alten Gebirge entfernt. So sehen wir den Jura an der Südküste in Dorsetshire beginnen und in einer zusammenhängenden Zone schräg durch die ganze Insel an die Nordostküste, nach Yorkshire, durchstreichen, wo die Formation durch die Menge der in verschiedenen Horizonten eingeschwemmten Landpflanzen ausgezeichnet ist; dann folgt eine breite Zone von Kreide und dann, den südöstlichsten Teil des Landes großenteils zusammensetzend, das Tertiär, zunächst eocäne und oligocäne Schichten, die wir früher kennen gelernt haben, und darüber die jungen, pliocänen Bildungen, welche mit dem Lokalnamen Crag bezeichnet werden. Allerdings ist die Lagerung gerade hier durchaus nicht so regelmäßig wie in den übrigen Teilen des englisch-französischen Beckens, sondern wir finden namhafte Störungen, deren Charakter von größerm, allgemeinem Interesse ist; man sollte erwarten, daß der ganze südöstliche Teil der Insel aus Tertiär bestehe, in Wirklichkeit ist das aber nicht der Fall, sondern das Tertiärgebiet wird durch einen großen ostwestlich verlaufenden Aufbruch älterer Schichten und zwar von Kreide- und Wealdenbildungen in zwei vollständig getrennte Teile zerlegt, von denen der eine an der Südküste in Hants, Dorset- und Hampshire liegt, während der andre größere, in dessen Zentrum annähernd London



Durchschnitt durch den Weald. (Nach Ramsay.) m Marine Kreide — w Wealdenbildungen.

steht, sich von der Ostküste aus Suffolk und Essex weit nach Westen ins Innere des Landes zieht. Der Bau des Landes ist sehr einfach und leicht verständlich; die obenstehende Abbildung zeigt uns ein flaches Gewölbe, welches durch die normalen zerstörenden Kräfte in seiner Mitte denudiert ist; in der Mitte des Gewölbes kommen die ältesten Schichten zum Vorscheine, die bekannten Wealdenbildungen, Süß- und Brackwasserablagerungen, welche die unterste Kreide repräsentieren und hier in großer Mächtigkeit entwickelt sind. Dieser Komplex, welcher keine große Widerstandskraft besitzt, bildet teils Flächen, teils ziemlich niedriges, meist sandiges Hügelland; dieses großenteils von prachtvollen Forsten bedeckte Terrain heißt der Weald und hat der Wealdenstufe den Namen gegeben. Zu beiden Seiten des Weald ragen die bedeutend festern und widerstandskräftigen Schichtköpfe der marinen Kreide empor, sie bilden wegen ihrer geringen Verwitterbarkeit Höhenzüge, welche den Weald einsäumen, die South Downs im Süden und die North Downs im Norden; die leichter zerstörbaren Tertiärbildungen treten natürlich noch weiter zurück. An sich bietet das Auftreten eines solchen flachen Gewölbes kein besonderes Interesse, und auch die Denudationserscheinungen sind, wenn auch ziemlich ansehnlich, doch in keiner Weise hervorragend oder außergewöhnlich; die Bedeutung dieser Erscheinungen liegt auf einem ganz andern Gebiete. Wenn wir den Weald, der samt den einsäumenden Höhenzügen auf jeder einigermaßen größern Karte von England im Süden von London angegeben ist, seiner Lage und Richtung nach mit den Vorkommnissen auf dem Festlande vergleichen, so finden wir, daß er die unmittelbare Fortsetzung jener Störungen darstellt, die wir oben im südwestlichen Belgien und in den anstoßenden Teilen von Frankreich kennen gelernt haben. Ferner haben die in große Tiefe hinabgetriebenen Brunnenbohrungen in London und seiner nächsten Umgebung dargethan, daß hier ein nach Westen gerichteter Rücken älterer Gesteine durchstreicht, auf welchem wie bei Boulogne sur Mer mittlerer Jura (Bathstufe) übergreifend liegt, und

so sehen wir die letzten Ausläufer eines festländischen Gebirgssystemes sich über das Meer nach England erstrecken, wo dieselben vermutlich in den Mendip- und Cottswoldhügeln in der Nähe von Bristol ihr Ende finden.

Die alten paläozoischen Ablagerungen, welche den Nordwesten Englands bilden, setzen sich von da aus nach Schottland fort, wo die Gebirge im Süden des Landes hauptsächlich aus silurischen Schichten und aus altem roten Sandsteine bestehen. Weiter nach Norden folgt die schottische Niederung, deren Lage auf der Karte durch die Städte Edinburg und Glasgow bezeichnet ist, ein Gebiet, in welchem die Kohlenformation vorwiegt, und welches die Kohlenreviere Schottlands enthält. Weiter nach Norden folgt eine Zone von altem roten Sandsteine und weiterhin ungeheure Massen von kristallinischen Schiefern und unteres Silur, welche im Vereine mit einer großen Zahl von Granitpartien die schottischen Hochlande zusammensetzen. Gneiße von der Beschaffenheit, wie sie in der Regel die ältesten Teile der archäischen Vorkommnisse bilden, fehlen jedoch in dieser Gegend, sie treten nur weiter im Westen auf den äußern Hebrideninseln und im Norden auf den Shetlandinseln auf, während in den Hochlanden namentlich Glimmerschiefer und Gneiße von jüngerm Aussehen dominieren. Im äußersten Nordosten von Schottland treten wieder sehr ausgedehnte alte rote Sandsteine auf, welche auch die Orkney-Inseln zusammensetzen und gerade in dieser Region eine Menge schöner Reste von Fischen und Eurypteriden geliefert haben. Von jüngern Ablagerungen sind namentlich einige ziemlich kleine Vorkommnisse von Jura und oberer Kreide zu erwähnen, welche an der Ostküste des nördlichen Schottland und auf den innern Hebriden zwischen altem Gesteine oder Basaltmassen eingeklemmt vorkommen und namentlich darum von Wichtigkeit sind, weil sie nur die letzten Denudationsreste von ehemals offenbar sehr weit verbreiteten, aber fast ganz zerstörten Ablagerungen darstellen. Endlich sind noch von Wichtigkeit außerordentlich große und ausgebreitete Massen von Basalten, welche in vielen Gegenden von Schottland, namentlich aber an den Ufern des Tweed, in dem zentralen Kohlenkalk- und Devongebiete, ferner auf Arran und auf den innern Hebriden, Mull, Skye, eine sehr große Rolle spielen.

Ein wesentlich andres Bild als die größere Nachbarinsel bietet Irland, dessen Bau ein sehr seltsamer ist; fast das ganze Zentrum der Insel und mindestens die Hälfte ihrer Oberfläche wird von marinem Kohlenkalke eingenommen, während flözführende Karbonschichten nur sehr wenig vorkommen und dadurch eine bedeutende wirtschaftliche Inferiorität England und Schottland gegenüber bedingt wird. Aus dem Kohlenkalke ragen einige ältere Aufbrüche von altem roten Sandsteine, von Silur und kristallinischen Schiefern hervor, und außerdem ist die große Kohlenkalktafel des Innern an den Küsten fast nach allen Seiten von ältern, stärker aufgerichteten Ablagerungen eingesäumt, vorwiegend kristallinischen Schiefern, Graniten, Silur und Devon, welche die Bergregionen im Norden, Westen, Süden und Südosten zusammensetzen; mitten zwischen stark gestörten und gefalteten Schollen hat sich der Kohlenkalk, in der Mitte nur wenig bewegt, als ein Tiefland erhalten. Nur im äußersten Norden treten auch einige beschränkte Partien von jüngern Schichten mesozoischen Alters, etwas Trias, dürftige Spuren von Jura und eine Anzahl Bruchstücke einer Kreidezone auf; all diese Schichten haben sich wie manche Juravorkommnisse in Schottland nur dadurch der vollständigen Denudation entzogen, daß sich über denselben eine mächtige Decke sehr harter tertiärer Basalte ausbreitete, unter deren Schutze sie der Zerstörung entgingen. Es treten auch hier in Irland ebenso wie in Schottland die sehr ausgedehnten Massen und Decken von Basalt auf, welche dem jüngern Tertiär angehören und mit pflanzenführenden Schichten dieses Alters in Verbindung stehen; dieselben sind aber nicht auf diese Region beschränkt, sondern sie finden im nördlichsten Teile des Atlantischen Ozeanes sehr große Verbreitung; nördlich von Schottland liegt unter dem 62.° nördlicher

Breite die bedeutende Inselgruppe der Faröer, welche ganz aus Basaltdecken und Tuffen mit Einlagerungen von Braunkohle und fossilen Landpflanzen besteht. Auch die große Insel Island ist durchaus nicht etwa eine moderne Aufschüttung, sondern sie besteht in der Hauptsache aus etwa der Mitte der Tertiärzeit angehörigen Eruptivmassen und Braunkohlenablagerungen, dem Surturbrandr, welche nach den begleitenden Pflanzenresten ungefähr dem Miocän entsprechen mögen, und ähnliche Gebilde treten an mehreren Punkten der westlichen und östlichen Küste von Grönland, an den Rändern dieses uralten, heute von Eismassen überdeckten Klotzes von kristallinischen Gesteinen auf.

Man hat aus einer solchen Verbreitung nahe miteinander verwandter und annähernd gleich alter Gesteinsmassen mit Braunkohlen und Landpflanzen geschlossen, daß man es mit den Überresten einer alten Landmasse zu thun habe, welche um die Mitte der Tertiärzeit das nordwestliche Europa mit Grönland und dem nordöstlichen Nordamerika verbanden, und wie früher gezeigt wurde, ergeben sich auch aus der Verbreitung der miocänen Meeresablagerungen Anhaltspunkte, welche diese Meinung stützen. Ganz anders ist Spitzbergen gebaut, welches in neuerer Zeit vielfach, namentlich durch die skandinavischen Expeditionen, erforscht worden ist; hier haben wir stark aufgerichtete Schichten und schroffe Gebirge, in welchen alter roter Sandstein, Kohlenformation, permische Schichten, Trias, Jura mit zahlreichen Versteinerungen sowie Tertiär auftreten.

Wir können hier nicht näher auf die Beschaffenheit dieser entlegenen Landscholle eingehen, wir kehren zum europäischen Festlande zurück, wo wir nur noch ein Gebiet des westeuropäischen Schollenlandes zu besprechen haben, das Gebirge, welches den Westrand von Norwegen bildet; hier finden sich nicht nur die archäischen Schiefer, sondern auch die kambrischen und silurischen Ablagerungen sehr stark gestört, gefaltet und aufgerichtet, stellenweise haben die versteinerungsführenden Ablagerungen ganz kristallinische Struktur angenommen, und namentlich in der Umgebung von Bergen treten in den Glimmerschiefern, Gneißen, in Quarziten und kristallinischem Marmor silurische Trilobiten, Brachiopoden, Korallen ꝛc. auf (s. Bd. I, S. 619 u. 620). Nur der westliche Gebirgsrand der Skandinavischen Halbinsel zeigt solche Verhältnisse, in den östlichern Teilen tritt allenthalben das archäische Gebirge mit horizontal aufgelagerten Schollen von kambrischem, silurischem und teilweise auch jüngerm Alter auf. Wie Sueß hervorhebt, findet sich hier die Grenze zwischen der westeuropäischen und der osteuropäischen Entwickelung; was weiterhin folgt, das östliche Norwegen und Schweden, gehört schon in den Bereich der großen Tafel, in welcher seit Beginn der paläozoischen Periode keine nennenswerte Veränderung mehr Platz gegriffen hat.

Ehe wir zur Besprechung dieses Gebietes übergehen, müssen wir nochmals einen Blick auf die Gesamtheit des westeuropäischen Schollenlandes werfen; wir haben in demselben eine verwirrende Menge von alten Massen, von abgestuften Tafeln, von Senkungsfeldern ꝛc. gefunden, welche scheinbar in vollster Unordnung durcheinander gewürfelt sind, und wir müssen versuchen, in diesem vermeintlichen Chaos einen leitenden Faden zu entdecken. Ein solcher ist in der That in dem Umstande gegeben, daß in vielen voneinander getrennten Gebirgsstücken übereinstimmende Richtung der alten Falten herrscht; es wird dadurch die Ansicht nahegelegt, daß dieselben ursprünglich einem zusammenhängenden und einheitlichen Gebirge angehörten, welches später durch Einbruch großer Stücke in mehrere Horste zerfiel. In neuester Zeit hat Sueß diesen Gegenstand näher verfolgt und die ehemaligen Gebirge Europas zu rekonstruieren gesucht, und wir wollen uns ein Bild unsers Erdteiles in jener längst verflossenen Zeit zu entwerfen suchen.

In erster Linie müssen wir das Alter der Gebirgsbewegungen ins Auge fassen und können in dieser Richtung drei Hauptabschnitte unterscheiden; einige wenige Teile des mitteleuropäischen Schollenlandes sind schon gegen Ende der Silurzeit gefaltet worden und

scheinen seither keine merkliche Aufrichtung mehr erlitten zu haben; das gilt von den schottischen Hochlanden und den Hebriden sowie von der großen irischen Tafel, wo die devonischen Ablagerungen ungestört über den Schichtköpfen archäischer, kambrischer und silurischer Gesteine liegen. Ein zweites derartiges uraltes Gebiet bilden der Bayrische und der Böhmerwald, die jedenfalls schon vor Beginn der Kohlenformation aufgerichtet und in hohem Grade denudiert waren. Es sind das zwei Fragmente von uraltem Gebirge, die wir mit keinem andern Stücke Landes in Zusammenhang bringen können, die vereinzelt und fremd neben jüngern Schollen der Erdrinde stehen. Von sehr viel größerer Bedeutung ist eine zweite Periode der Aufrichtung, welche in die letzten Abschnitte der Kohlenformation und auf die Grenze gegen die permische Periode fällt und welche nicht von geringerer Bedeutung gewesen zu sein scheint als die ungefähr in die Mitte der Tertiärzeit fallende Aufrichtung der alpinen Kettengebirge. Hierher gehören mit Ausnahme des bayrisch-böhmischen Grenzgebirges all die alten Horste Deutschlands, in erster Linie Erzgebirge, Fichtelgebirge, Thüringer Wald, Frankenwald, Harz, rheinisches Schiefergebirge und Ardennen, Schwarzwald und Vogesen. In all diesen Gebirgsschollen erstreckt sich die Richtung der alten Falten annähernd von Südwesten nach Nordosten, auch da, wo der Umriß des Gebirges, durch spätere Brüche verändert, eine andre Längenerstreckung zeigt, wie das bei Schwarzwald, Vogesen, Harz und Thüringer Wald der Fall ist. Wenn wir nun ferner die Lage der einzelnen Gesteine in diesen Horsten ins Auge fassen, so sehen wir, daß die Hauptmasse der archäischen Bildungen dem südöstlichen Teile der ganzen Zone angehört; Schwarzwald, Vogesen, Fichtelgebirge, Karlsbader Gebirge, Erzgebirge sind durch die Massen ihrer uralten Gneiße und Granite ausgezeichnet, während die Hauptentwickelung der verhältnismäßig jüngern, paläozoischen Ablagerungen nach Nordosten, in das rheinische Schiefergebirge, in den Harz, den Thüringer und Frankenwald fällt.

Wir werden hierdurch zu der Anschauung geführt, daß all diese heute isolierten Massen **Bruchstücke eines gewaltigen, einseitig gebauten, von Südwesten nach Nordosten streichenden Gebirges** darstellen, daß Erzgebirge, Fichtelgebirge, Schwarzwald und Vogesen der kristallinischen Zone der Kette entsprechen, während das rheinische Schiefergebirge, der Harz, der Thüringer Wald &c. der sedimentären Außenzone angehören. Damit ist aber die Ausdehnung dieses alten Gebirges nicht erschöpft; noch über die Vogesen hinaus läßt sich das nordöstliche Streichen des alten Gebirges bis in die östlichen Teile des Zentralplateaus von Frankreich verfolgen, anderseits aber sehen wir im Nordosten, in Sachsen und dem anstoßenden Teile von Böhmen, das Ende des Erzgebirges mit dem Lausitzer Gebirge in nahe Verbindung treten; es erfolgt eine einfache Umbiegung in die sudetische Richtung, die Sudeten bilden den nach Südosten gekrümmten Schenkel desselben großen Gebirgsbogens. Wir haben uns also ungefähr zu Anfang der permischen Formation ein mächtiges alpines Hochgebirge zu denken, welches im Zentrum von Frankreich begann und sich von da in einem mächtigen Bogen durch Mitteldeutschland zog und in Mähren und Österreichisch-Schlesien sein Ende gefunden zu haben scheint. Wir haben in diesem „variskischen Hochgebirge"[1] die Alpen der damaligen Zeit, die allerdings schon im Verlaufe der permischen Formation in großartigstem Maße abgetragen und zerstört wurden, da schon die Sedimente der Trias auf den Höhen des Schwarzwaldes wie auf den abradierten Falten des rheinischen Schiefergebirges liegen. Das süd- und mitteldeutsche Stufenland mit seinen triadischen und jurassischen Ablagerungen bezeichnet uns einen riesigen Einbruch, in welchem ein großes Stück des variskischen Hochgebirges in die Tiefe gesunken ist.

---

[1] Nach dem germanischen Stamme der Varisker, der seinen Sitz in der Umgebung von Hof in Bayern und in der Gegend des Fichtelgebirges hatte.

Ganz ähnliche Verhältnisse finden wir auch weiter im Westen; genauere Untersuchung ergibt, daß in derselben Weise die uralten Gneißmassen, welche den westlichen Teil des Zentralplateaus von Frankreich, die Bretagne und die anstoßenden Gebiete, zusammensetzen und in Spuren auch im südwestlichen England auftreten, der kristallinischen Zone eines derselben Periode angehörigen Hochgebirges entsprechen, dessen sedimentäre Zonen durch die paläozoischen Ablagerungen in Cornwallis und Devonshire, die im Untergrunde von London und bei Boulogne nachgewiesenen paläozoischen Bildungen und durch die westliche Hälfte des Kohlengebirges im nordöstlichsten Frankreich und in Belgien angedeutet sind. Die übrigen Teile sind unter den jüngern Schichten des Londoner und Pariser Beckens und unter dem Kanal verborgen, während eine weitere Fortsetzung nach Westen in die Tiefe des Atlantischen Ozeanes hinabgebrochen zu sein scheint. Dieses „armorikanische Hochgebirge"[1] ist im äußersten westlichen Teile seines Verlaufes von Westsüdwesten nach Ostnordosten gerichtet, biegt sich dann nach Osten um und nimmt endlich für den größten Teil seines uns bekannten Verlaufes südöstliches Streichen an. So trafen damals auf einer Linie, welche in Frankreich aus der Gegend von Valenciennes nach den Quellen der Dordogne verläuft, zwei gewaltige Hochgebirgsbogen, der variskische und der armorikanische, fast unter rechtem Winkel aufeinander, in ähnlicher, wenn auch minder großartiger Weise wie heute die Systeme des Hindukusch und Himalaja in der großen indischen Scharung (s. unten, S. 704). Die Region der Erdrinde, in welcher damals große gebirgsbildende Kräfte thätig waren, lag in Europa nahe dem Gebiete, in welchem in weit späterer Zeit die jüngsten großartigen Faltungen, die Aufrichtung der Alpen und Pyrenäen, vor sich gingen; der Schauplatz der Gebirgsbildung ist etwas nach Süden verlegt. Die Entstehung des variskischen und des armorikanischen Hochgebirges in der zweiten Hälfte der paläozoischen Zeit schließt aber die Faltenbildung im Gebiete des mitteleuropäischen Schollenlandes nicht ab; die Faltung des Weald in England, des subhercynischen Hügellandes, die Überschiebung des Granites über Jura und obere Kreide in den Sudeten gehören zu diesen jüngern Bewegungen, die bis ins Tertiär hineinreichen, aber an Bedeutung sehr weit hinter jenen frühern zurückbleiben. Auffallend ist dabei, daß diese jüngere Faltungsrichtung des subhercynischen Hügellandes, welches räumlich in das Gebiet des variskischen Gebirges fällt, doch die Richtung der armorikanischen Falten einhält, und dasselbe Streichen zeigen die mit denselben in naher Beziehung stehenden Bruchlinien, welche Harz, Thüringer Wald und Frankenwald abgrenzen; es ist, als ob in späterer Zeit die armorikanische Richtung in das Gebiet der variskischen übergegriffen hätte.

Die russisch-skandinavische Tafel und Sibirien.

In den norwegischen Randgebirgen sind, wie wir oben gesehen haben, die paläozoischen Ablagerungen mächtig aufgerichtet und gestört; weiter gegen Osten im Innern des Landes hört das auf, der größte Teil des Bodens ist aus uralten archäischen Gesteinen gebildet, aus Graniten, Gneißen &c., und auf diesen ruhen alle fossilführenden Ablagerungen in vollständig horizontalen Schichten; die größte Verbreitung erlangen kambrische und silurische Bildungen, deren Beschaffenheit wir schon früher bei der Schilderung der ältern paläozoischen Formationen kennen gelernt haben. Nehmen sie auch heute noch einen ansehnlichen Flächenraum ein, so sind sie doch in außerordentlich hohem Grade denudiert, es sind nur noch die Reste einer früher viel bedeutendern Verbreitung. Jüngere Sedimente der obersten Trias, des Jura und der Kreide sind fast ganz auf das südlichste Schweden beschränkt.

[1] Nach den Armorikern, den alten keltischen Einwohnern der Bretagne.

Finnland besteht ganz aus alten kristallinischen Gesteinen, welche sich von da aus nach Norden bis ans Eismeer und an das Weiße Meer erstrecken, vielfach von Diluviallehm gedeckt, durch die Bewegung des diluvialen Inlandeises abgeschliffen und namentlich in Finnland selbst mit zahllosen verzweigten Seen bedeckt, welche ein förmliches Labyrinth bilden und einen Flächenraum von mehr als 20,000 qkm einnehmen. Erst südlich vom Finnischen Meerbusen treten wieder fossilführende Ablagerungen auf und zwar gegen Norden zunächst kambrische und silurische Bildungen, welche namentlich in Esthland sehr große Ausdehnung gewinnen und sich von hier nach Osten über Petersburg an das Südufer des Ladogasees und von da noch etwas weiter nach Norden ziehen. Außer dieser Hauptmasse kommen noch einzelne zum Teile sehr große Schollen, z. B. in Kurland südlich von Mitau, vor; auch die Inseln, welche der kurischen und esthnischen Küste vorliegen, wie Ösel und Dagö, bestehen aus silurischen Gesteinen, und namentlich die erstere ist durch den Reichtum an Resten von Fischen und großen Krustaceen aus der Abteilung der Eurypteriden ausgezeichnet (s. die Abbildung von Eurypterus Fischeri, S. 95). Diese Vorkommnisse nähern sich räumlich wieder den Inseln an der schwedischen Küste, Gotland, welches durch den wunderbaren Versteinerungsreichtum seiner obersilurischen Korallenkalke hervorragt, ferner Öland, und dadurch wird es wahrscheinlich, daß alle diese heute getrennten Ablagerungen die Überreste einer ursprünglich überaus ausgedehnten Schichtmasse darstellen, welche aus der Gegend des Wener- und Wettersees in Schweden über die Ostsee und ihre Küstengebiete bis an den Ladogasee reichte und vermutlich noch sehr viel größere Ausdehnung besaß.

Was die Silurablagerungen Rußlands für denjenigen, welcher an mitteleuropäische Verhältnisse gewöhnt ist, besonders auffallend charakterisiert, ist ihre vollständig regelmäßig horizontale Lagerung, welche wir allerdings schon in Schweden in ähnlicher Weise getroffen haben, welche aber hier aus zweierlei Gründen mehr befremdet. Einerseits wegen der weit größern Ausdehnung dieser Gebilde, anderseits wegen ihrer Gesteinsbeschaffenheit, welche sich außerordentlich weit von allem entfernt, was man sonst in alten Formationen zu treffen gewohnt ist; neben festen Kalken findet man am verbreitetsten in der Umgebung von Petersburg plastische Thone, die sich von solchen tertiären Alters nicht wesentlich unterscheiden, lose Sande und lockere Sandsteine, und mit Staunen sammelt man darin die Reste aus den ältesten Phasen, deren organisches Leben man überhaupt näher kennt. Gegen Süden werden die silurischen Schichten von Devon bedeckt, welches ungleich größern Flächenraum einnimmt; eine große, zusammenhängende Masse bildet diese Formation in Livland, Kurland und den östlich angrenzenden russischen Gouvernements, und von da erstrecken sich zwei breite Züge, der eine nach Nordosten bis an das Eismeer, der andre nach Südosten bis an den Don; gegen Süden versinken die devonischen Bildungen unter einer mächtigen Decke von diluvialen Ablagerungen, aus denen weiterhin nur stellenweise Schollen von oberer Kreide hervorragen. Erst weit im Süden, im östlichsten Teile von Galizien, in der nördlichen Bukowina und in den angrenzenden Teilen von Podolien, zeigen sich unter der jungen Decke wieder alte Gesteine; wo die Flüsse, der Dnjestr, der Pruth &c., ihre außerordentlich tiefen Betten in die ebene Fläche eingeschnitten haben, da tritt unter dem Diluvium obere Kreide, bisweilen oberer Jura und darunter Devon hervor, die wenigen Ablagerungen aus den weit auseinander liegenden Zeiträumen, in welchen ein übergreifendes Meer diese Tafel überflutete. Die silurischen Ablagerungen am Dnjestr zeigen in ihrer Entwickelung große Ähnlichkeit mit dem Ostseegebiete, und es ist sehr wahrscheinlich, daß eine zusammenhängende oder nur durch Denudation etwas angegriffene Decke altpaläozoischer Ablagerungen von der Ostsee bis an den Rand der Karpathen reicht. Dieselbe mächtige Ausbreitung diluvialen Lehmes läßt auch in denjenigen Gegenden Rußlands, welche auf den geologischen Karten in der Regel als Silur-, Devon-, Kohlenformation, Jura &c. eingezeichnet sind, diese ältern

Formationen meist nur sehr geringen Raum an der Oberfläche einnehmen; diese wird auch hier durch junge Bildungen, durch Lehm mit nordischen Geschieben, an andern Orten durch schwarze Erde (Tschernosem), verdeckt, und die ältern Schichten treten nur an ganz vereinzelten Aufschlüssen, meist an denjenigen Stellen hervor, wo die Flüsse tief einschneiden.

Nach Osten schließen sich im Innern von Rußland außerordentlich ausgedehnte Ablagerungen der Kohlenformation an, deren Verhältnisse schon früher geschildert wurden (s. S. 187 und 188); ihr stärkstes Vorkommen gruppiert sich um Moskau, von wo ein Ausläufer sich nach Norden bis an das Eismeer erstreckt. Den gewaltigen Raum zwischen diesem Karbonvorkommen im Westen und dem Ural und den Timanbergen im Osten nehmen die bunten Mergel und marinen Kalke ein, welche den Typus der permischen Formation Murchisons bilden; es findet sich hier gegen unten ein Wechsel von bunten Mergeln und Sandsteinen mit Kalken, welche eine Zechsteinfauna enthalten, in höherm Niveau folgen ganz fossilleere bunte Ablagerungen, welche nach der Ansicht vieler Geologen schon zur Trias gehören. Sollte sich diese Ansicht nicht bestätigen, so hätten wir in dem ganzen ungeheuern Ländergebiete des europäischen Rußland keinen andern Vertreter der Trias als die Ablagerungen des großen Bogdo, eines vollständig isolierten Berges, welcher aus der unermeßlichen astrachanschen Steppe östlich von der untern Wolga hervorragt. Östlich von der großen permischen Fläche kommen dann im Ural die ältern Formationen, Karbon, Devon und Silur, wieder zum Vorschein, da hier die Schichten aufgerichtet sind, und wir dürfen daraus schließen, daß dieselben in dem ganzen innerrussischen Gebiete in ungestörtem Zusammenhange den Untergrund bilden.

Übergreifend über all die paläozoischen Schichten breitet sich der obere Jura und die mit ihm aufs innigste verbundene unterste Kreide (unteres Neokom, oberster Teil der Wolgastufe, s. S. 328) aus; sie nehmen im mittlern und nordöstlichen Rußland sehr großen Flächenraum ein und erstrecken sich in zahlreichen größern und kleinern Schollen nach Süden bis in die Gegend von Kiew und an die untere Wolga und nach Westen bis Smolensk. Offenbar aber sind auch das nur die Denudationsreste einer ursprünglich über das ganze innerrussische Gebiet ausgedehnten Ablagerung.

In den südlichern Teilen von Rußland nimmt eine Formation, welche im Norden nicht verbreitet scheint, die obere Kreide, großen Raum ein; aus Wolhynien zieht sich ferner bis an das Asowsche Meer ein breiter Zug von alten kristallinischen Gesteinen, welchen der Dnjepr in seinen berühmten Stromschnellen durchbricht, und nordöstlich schließt sich an denselben das schon früher erwähnte Kohlengebiet am Donez an (s. S. 188), welches in seinem Baue insofern eine wesentliche Abweichung von den normalen Verhältnissen der russischen Tafel darstellt, als die Ablagerungen hier gestört und aufgerichtet sind. Ganz im Süden breitet sich am Rande des Schwarzen Meeres im nördlichen Teile der Krim und vom nördlichen Fuße des Kaukasus und dem Kaspischen Meere weithin nach Norden ein weites Tertiärgebiet aus, in welchem sarmatische und pontische Ablagerungen (s. S. 523, 526) sowie junge Bildungen von kaspischem Typus die wesentlichste Rolle spielen.

Die östliche Begrenzung des weiten russischen Gebietes bildet der Ural, dessen südlichen Anfang, nördlich vom Aralsee, der Hügelzug des Mugodjaren, ein niedriger Doppelzug altkristallinischer Gesteine darstellt, denen obere Kreide in horizontaler Lagerung übergreifend aufruht; dann folgt der eigentliche Ural, ein niedriges altes Gebirge von einseitigem Baue, das sich nach Norden bis an das Eismeer erstreckt, nachdem sich etwa unter 62° nördlicher Breite das niedrige Timangebirge in nordnordwestlicher Richtung abgezweigt hat. Im Norden gehört noch die Doppelinsel Nowaja Semlja dem Systeme des Urals an, sie ragt bis etwa zum 77.°, und hier schließt dieses mächtige Faltensystem ab. Im höchsten bis jetzt erreichten Norden liegt nördlich von Nowaja Semlja das eisige Franz Joseph-Land,

welches durch die kühnen Reisenden Payer und Weyprecht im Jahre 1874 entdeckt wurde; mächtige Felsmassen umgürten den unwirtlichen Strand (s. die beigeheftete Tafel „Säulenkap auf Franz Joseph-Land"), wo doleritische Eruptivgesteine eine große Rolle zu spielen scheinen, und von wo Leigh Smith Belemniten von vermutlich jurassischem Alter mitgebracht hat; auch auf Nowaja Semlja tritt Jura auf, ob aber zwischen beiden Regionen ein innigerer geologischer Zusammenhang besteht, das läßt sich vorläufig in keiner Weise entscheiden oder auch nur vermuten.

Östlich vom Ural erstreckt sich das gewaltig Ländergebiet von Sibirien; soweit die noch ziemlich dürftigen Nachrichten reichen, scheint der westliche Teil in seinem Charakter mit dem europäischen Rußland viele Verwandtschaft zu zeigen; dann aber erheben sich Hochländer von bedeutender Höhe, der Altai und eine ganze Welt von wahrscheinlich meist ziemlich alten Gebirgen, welche den Baikalsee umgeben, in welchen die Quellen des Jenissei, der Lena, des Amur und ihrer wichtigsten Zuflüsse liegen, und die sich bis an den Stillen Ozean und an die nordöstliche Spitze Asiens erstrecken. Ist auch über einzelne Teile dieses weiten Gebietes, namentlich über den Altai, einiges Nähere bekannt, so ist doch der weitaus größte Teil fast eine Terra incognita, so daß einen Überblick über dasselbe zu geben nicht möglich ist. Außerordentlich verbreitet sind jurassische Pflanzenschichten, doch sind an manchen Punkten, überaus weit vom Meere entfernt, z. B. bei Nertschinsk, im Quellgebiete des Amur, am Mittellaufe des Wiluiflusses, auch einzelne marine Jura- und Unterkreidehorizonte vertreten, so daß also zeitweise eine ganz riesenhafte Transgression des Meeres in diesem Gebiete stattfand. Sehr bemerkenswert ist auch das Auftreten außerordentlich versteinerungsreicher Ablagerungen der untern Trias mit zahllosen Ammoniten an den Ufern des Eismeeres.

Afrika und die vorderindische Halbinsel.

Wenn wir uns nach Süden wenden, um hier die Nachbarregionen der alpinen Gebirge kennen zu lernen, so tritt uns zunächst in dem Vorhandensein großer Meeresflächen eine Schwierigkeit entgegen. Das Mittelländische Meer nimmt allerdings nicht genau die Grenze zwischen den jungen Kettengebirgen und ihrem südlichen Hinterlande ein, sondern nur auf einer bestimmten Strecke, von Tunis bis an die syrische Küste, ist das der Fall; weiter im Westen greift das Meeresbecken unmittelbar in die alpine Region ein und trennt das nordafrikanische Küstengebirge in Tunis, Algerien und Marokko von den gleich gebauten Gebieten in Europa ab, während die Adria, der Griechische Archipel und das Schwarze Meer tief in die alpine Region einschneiden, ja das letztere bis in das Gebiet der russischen Tafel vordringt. Für die Geschichte dieser Meeresbecken haben uns die Abschnitte über die historische Geologie eine Reihe wichtiger Daten geliefert. Wir haben gesehen, daß seit Beginn der mesozoischen Zeit der Nord- und der Südatlantische Ozean von Land eingenommen war, welches einerseits Südamerika mit Afrika, anderseits Nordamerika mit Skandinavien in Berührung brachte oder wenigstens einander sehr näherte. Zwischen dem nördlichen und dem äquatorialen Kontinente erstreckte sich aus der Gegend des heutigen Zentralamerika eine außerordentlich breite Wasserstraße nach Osten, welche sich dann in der Gegend der heutigen Gangesmündung mit dem damals noch sehr viel kleinern Indischen Ozeane vereinigte. Durch die ganze mesozoische Zeit scheint sich dieses zentrale Mittelmeer erhalten zu haben, ebenso wie die Landmassen zu seinen beiden Seiten, wenn auch außerordentlich große Schwankungen und Verschiebungen in den Einzelheiten vorkamen. Erst während der ersten Hälfte der Tertiärzeit scheint sich der Atlantische Ozean im heutigen Sinne gebildet zu haben, und in ihm ging die westliche Hälfte jenes zentralen Mittelmeeres auf; seine östliche Hälfte

SÄULENKAP AUF FRANZ-JOSEPHS-LAND

Digitized by Google

WÜSTENLANDSCHAFT (Sahara).

Digitized by Google

dagegen wurde teils trocken gelegt, teils finden wir ihren allerdings stark veränderten Überrest in unserm heutigen Mittelländischen Meere. Das wichtigste Ereignis war hier die Absperrung gegen den Indischen Ozean, welche ungefähr zu Beginn der Miocänzeit stattfand. Den geringsten Umfang nahm das mittelländische Becken, wie oben gezeigt wurde, während des ersten Abschnittes der Pliocänzeit ein; dann nahm das Meer wieder überhand, das tyrrhenische und das adriatische Becken vergrößerten sich, ein großes Festland, welches Sizilien mit Afrika verband und das Meer hinderte, das heutige Ägypten zu erreichen, sank in die Tiefe, und ebenso brachen die mit großen Binnenseen bedeckten Länder ein, welche sich an der Stelle des heutigen Ägeischen Meeres ausdehnten, das Schwarze Meer wurde erheblich vergrößert und seine Verbindung nach Süden durch Bosporus und Dardanellen eröffnet.

Südlich von dem Mittelländischen Meere und den jungen Kettengebirgen breitet sich ein geologisch sehr regelmäßig und einheitlich gebautes Land, die große afrikanisch-arabische Wüstentafel, welche in der wagerechten Lagerung auch sehr alter Schichten viele Ähnlichkeit mit der russischen Tafel zeigt, so groß landschaftlich die Gegensätze zwischen beiden sein mögen (s. die beigeheftete Tafel „Wüstenlandschaft der Sahara"). Die nordafrikanische Wüste beginnt südlich vom Atlas an den Küsten des Atlantischen Ozeanes und erstreckt sich von da nur durch die schmale Furche des Nilthales ununterbrochen bis an das Rote Meer, welches das Saharagebiet von Arabien trennt. Den Untergrund des Gebietes bilden alte archäische Ablagerungen, die an beiden Ufern des Roten Meeres auf große Strecken zu Tage treten; weiter südlich bei Chartum werden diese alten Gesteine ausschließlich herrschend und scheinen im südöstlichsten Teile der Sahara und auf der Grenze gegen den Sudan große Verbreitung zu erlangen. Über die größte Ausdehnung des Wüstengebietes aber sind diese ältesten Gesteine durch jüngere Schichten verdeckt. Wohl kennen wir die ganze Wüste zu wenig, um schon eine vollständige Schilderung geben zu können, doch lassen sich wenigstens einige Hauptzüge schon jetzt mit Bestimmtheit erkennen. Im südwestlichen Teile der Sahara erreichen die ältesten Schichtgesteine ihre Hauptverbreitung und nehmen bedeutende Flächen ein; Overweg hat von hier devonische Meeresfossilien und Steinkohlenpflanzen mitgebracht, welche Beyrich bestimmte, während Lenz auf seinem Zuge nach Timbuktu Kohlenkalkfossilien sammelte, die von Stache beschrieben wurden. Im Norden und Osten der Sahara dagegen ist nichts derartiges bekannt, erst am Ufer des Roten Meeres sind sowohl auf der afrikanischen Seite als auf der Sinaihalbinsel beschränkte Vorkommnisse paläozoischer Schichten beobachtet worden. Nach dem Ende der Kohlenformation scheint das Meer auf lange Zeit das Wüstengebiet verlassen zu haben, weder die Permformation noch Trias, Jura oder untere Kreide haben irgend eine Spur ihrer Anwesenheit hinterlassen, und erst die obere Kreide tritt auch hier übergreifend auf und scheint mehr als die Hälfte des ganzen Wüstengebietes einzunehmen; ihr gleichmäßig aufgelagert erscheinen im Nordosten weit ausgebreitete Ablagerungen von alttertiären Schichten, namentlich von Nummulitenkalk, in den von Fremden am meisten besuchten Teilen der Wüste an den Rändern des Nilthales in Ägypten, wo der Boden stellenweise mit Millionen von Nummulitenschalen bedeckt ist. Jüngere Tertiärschichten treten nur in sehr beschränktem Maße auf, vermutlich pliocäne Korallenkalke säumen das Rote Meer an vielen Stellen ein, pliocäne Sandablagerungen mit einer Muschel- und Schneckenfauna, in der sich Typen des Roten Meeres mit solchen des Mittelmeeres mischen, finden sich an den Rändern des Nildelta, und weiter im Westen zeigen sich an manchen dem Nordrande genäherten Punkten, z. B. in der Ammonsoase (Siuah), miocäne Meeresschichten; dagegen finden sich im Innern nirgends junge Marinablagerungen, wie sie nach den Ansichten der Vertreter eines pliocänen und diluvialen Saharameeres vorhanden sein sollten. Wir gehen hier nicht auf eine landschaftliche Schilderung der Wüste ein, die schon an einer andern Stelle gegeben wurde (s. Bd. I, S. 530—537); es wurde gezeigt, daß

die Sahara ein ausgezeichnetes Stufenland darstellt, in welchem die einzelnen Schichten oder Schichtgruppen in Terrassen übereinander aufsteigen, welche lediglich durch die Erosion bedingt sind; von größern Verwerfungen wird wenig berichtet. Selbst die Hochgebirge der Sahara im Lande der Ahaggar und in Tibesti sollen denselben Stufenbau zeigen, nur mit dem Unterschiede, daß die einzelnen Terrassen hier, sehr nahe aneinander gedrängt, sich sehr hoch übereinander erheben. Allerdings sollte man nach diesen Schilderungen annehmen, daß die jüngsten Schichten das höchste Niveau einnehmen, während in Wirklichkeit hier gerade alte kristallinische Gesteine aufzutreten scheinen. Es dürfte sich daher doch um bedeutendere Störungen handeln, und die Angaben vieler Reisenden, welchen doch die geologische Schulung der Mehrzahl nach fehlt, dürften gerade in den etwas schwierigern Fragen des Aufbaues im großen mit einiger Vorsicht zu behandeln sein. Wo die große Wüstentafel, welche ganz Europa an Umfang übertreffen dürfte, ihr südliches Ende findet, läßt sich nicht mit Bestimmtheit angeben; wohl kennen wir ziemlich genau die Grenze der Wüste gegen den vegetationsreichen Sudân, aber diese für den landschaftlichen Charakter und den Pflanzenwuchs so wichtige Scheidelinie braucht natürlich nicht mit der geologischen Grenze zusammenzufallen. Abessinien scheint wenigstens teilweise trotz seines vollständig abweichenden Charakters noch hierher zu gehören, im südlichen Abschnitte des Landes aber stellen sich nach Blanfords Untersuchungen schon andre Verhältnisse ein, es finden sich marine Juraablagerungen, und der Bau weicht in manchen wichtigen Punkten von demjenigen im Norden ab. Im allgemeinen aber können wir das nordafrikanische Wüstengebiet von dem alten Festlande von Mittel- und Südafrika bei dem heutigen noch äußerst unvollkommenen Stande unsrer Kenntnisse dieser Regionen nicht scharf scheiden.

Von der eigentlichen äthiopischen Region, südlich von der Sahara, sind nur wenige Partien etwas näher untersucht, nämlich ein Teil des Kaplandes und der nordwärts unmittelbar anstoßenden Gebiete; außerdem sind einige Küstenpunkte von Geologen besucht worden, für das Innere aber liegen nur wenige, meist flüchtige Notizen von Reisenden vor, die auf ihren Zügen an manchen Stellen dieses oder jenes Gestein beobachtet haben. Immerhin spricht sich in diesen Daten übereinstimmend ein ziemlich scharf charakteristisches Gepräge aus, so daß wir wenigstens annähernd ein Bild entwerfen können. Die wichtigsten Erscheinungen, welche uns entgegentreten, sind die außerordentliche Verbreitung kristallinischer Schiefer und der vollständige Mangel aller marinen Ablagerungen im Innern. Meeresbildungen paläozoischen Alters scheinen sich nur im Süden von der Küste zu entfernen, jüngere, mesozoische oder tertiäre Marinschichten diese nur am äußersten Rande einzusäumen. Wir haben es also offenbar mit einem uralten Kontinente zu thun, der seit sehr langer Zeit nicht mehr vom Meere bedeckt wurde, und auf dessen Rücken Landpflanzen führende Sandsteine in großer Ausdehnung verbreitet scheinen.

Im südlichsten Teile von Afrika treten über den kristallinischen Schiefern und gleich diesen gefaltet paläozoische Meeresbildungen auf, welche devonische Versteinerungen, namentlich Trilobiten aus der Gattung Homalonotus, geliefert haben. Merkwürdigerweise stimmen diese Ablagerungen in ihren Fossilien auffallend mit denjenigen überein, welche auf den Falklandinseln, östlich vom Feuerlande, vorkommen. Über dem Devon folgen die schon bei einer frühern Gelegenheit erwähnten Ablagerungen des untern Teiles der Kohlenformation mit Lepidodendren-Resten, noch gefaltet und aufgerichtet, alle jüngern Schichten aber liegen ungestört und horizontal und bilden weite Tafelflächen. Es sind das die Ablagerungen der Karooformation, jene mächtigen Sandsteine, Schieferthone und Konglomerate, deren unterstes Glied, die Eccaschichten, wir als unter Mitwirkung von Eis gebildet kennen gelernt haben. Sie gehören dem obern Teile der Kohlenformation an, während die jüngern Partien der Karoobildungen der permischen und triadischen Formation entsprechen; sie enthalten

jene eigentümliche, namentlich durch das Vorkommen der Gattung Glossopteris ausgezeichnete Flora, welche auch in den untern Gondwanaschichten Indiens und in Australien große Verbreitung findet, und denselben Abteilungen gehören auch die zahlreichen seltsamen Reptilformen aus der Ordnung der Anomodonten an, welche wir früher besprochen haben. Genauere Daten über diese Vorkommnisse liegen allerdings nur aus dem südlichen Afrika vor, aber die zahlreichen Angaben der Reisenden über das Auftreten von Sandsteinen auch in nördlichern Gegenden machen es wahrscheinlich, daß der Karooformation entsprechende Bildungen große Verbreitung im Innern des Weltteiles finden. Jüngere mesozoische Bildungen treten nur ganz an den Rändern des Festlandes auf, das Meer hat also hier selbst zur Zeit seines höchsten Standes nie mehr als die äußersten Flanken des Kontinentes bespült. So geringen Raum aber diese Ablagerungen auch einnehmen, so sind sie doch aus Gründen, die wir bald kennen lernen werden, von großer Wichtigkeit. An der Westküste kennen wir namentlich Ammonitenschichten, welche ihrem Alter nach etwa der Mitte der Kreideformation entsprechen; sie treten an mehreren Punkten auf, namentlich hat Lenz zahlreiche Ammoniten auf der niedrigen Insel Elobi, unmittelbar nördlich vom Äquator, gesammelt, und von da an scheint sich die Verbreitung weit nach Süden bis in die Nähe der Walfischbai verfolgen zu lassen. Weit reichlicher und mannigfaltiger treten mesozoische Bildungen an der Ostküste auf; weit im Süden in der Nähe von Port Elizabeth finden sich die sogenannten Uitenhaageschichten, äußerst versteinerungsreiche Ablagerungen der untersten Kreide, deren sehr eigentümliche Fauna mit Europa nicht eine einzige Art gemein hat, dagegen einige wenige Anklänge an das südliche Indien und an Südamerika zeigt. Etwas nördlicher treten sehr ammonitenreiche Schichten der obern Kreide auf, welche ebenfalls gar keine nähere Ähnlichkeit mit den europäischen Vorkommnissen zeigen, sondern sich ganz an diejenigen des südlichen Indien anschließen. Dieses Verhältnis ändert sich aber, sobald wir noch weiter nach Norden gehen; von Mosambik ist uns zwar nur ein einziger Ammonit der untersten Kreide bekannt, dieser gehört aber einer der verbreitetsten charakteristischen Arten des alpinen Neokom in Europa an, und die von Beyrich untersuchten oberjurassischen Ammoniten von Mombas unter 5° südlicher Breite haben ebenfalls die größte Ähnlichkeit mit den Vorkommnissen Europas und noch mehr mit denjenigen des nördlichen Indien; es wurde früher gezeigt, daß diese Verhältnisse in Verbindung mit der Verwandtschaft der heutigen Fauna von Südafrika, Madagaskar und Indien und mit der sehr nahen Übereinstimmung der Reptilien und Landpflanzen in der Karooformation Afrikas mit denjenigen der untern Gondwanaschichten in Indien auf eine ehemalige quer über den heutigen Indischen Ozean reichende Landverbindung zwischen diesen Ländern hinweisen.

Die vorderindische Halbinsel südlich von den weiten Ebenen von Bengalen und Pandschab ist erst in späterer Zeit mit dem asiatischen Festlande in Verbindung getreten, sie war ursprünglich mit Afrika in Zusammenhang; auch hier haben wir es mit einem Stücke uralten Festlandes zu thun, auf dessen Rücken nur Binnenablagerungen mit Landpflanzen lagern. Vor allem sind von letztern die oft erwähnten Gondwanaschichten zu nennen, welche die ganze Zeit von der Mitte der Kohlenformation bis Ende der Trias zu umfassen scheinen. Auch jüngere, dem Jura angehörige Pflanzenschichten treten auf, während der obern Kreide jene unermeßlichen Anhäufungen basaltischer Eruptivgesteine anzugehören scheinen, welche unter dem Namen des Dekhantrappes bekannt sind und an Größe der Ausbreitung auf der ganzen Erde ihresgleichen nicht haben dürften. Mit diesen Trappen vergesellschaftet zeigen sich an manchen Stellen Süßwasserkalke mit Binnenkonchylien. Auch hier finden sich wie im mittlern und südlichen Afrika nur an den Rändern schwach übergreifend Meeresablagerungen vor; am wichtigsten unter diesen sind im Nordwesten die Jurabildungen von Cutch an der Indusmündung, deren überaus fossilreiche Schichten mit denen Europas die

auffallendste Übereinstimmung zeigen; kaum minder bedeutend sind im Süden die Schollen von oberer Kreide in der Umgebung von Madras und Ponditscherri, welche ihrerseits mit den Vorkommnissen in Südafrika, in Japan, im Amurgebiete und an der pazifischen Küste von Nordamerika sehr große Verwandtschaft besitzen, ja wegen ihrer außerordentlichen Versteinerungsfülle geradezu den Typus der pazifischen Entwickelung der obern Kreide darstellen.

Die asiatischen Kettengebirge, China und Australien.

Wir haben schon bedeutende Teile von Asien im Norden und Süden kennen gelernt, zwischen beiden aber liegt ein riesiges Ländergebiet, dessen Erforschung in den letzten Jahrzehnten gewaltige Fortschritte gemacht hat, die ganze kleinasiatisch-armenisch-iranische Bergregion, Zentralasien, die indisch-tibetanischen Ketten, die chinesischen Massen, Hinterindien und die Welt von Inseln, welche Asien nach Südosten und Osten, von der Westspitze von Sumatra bis nach Kamtschatka, umgeben. Einige Teile dieses Areales sind ziemlich gut, andre wenigstens einigermaßen geologisch bekannt, über andern aber liegt noch tiefes Dunkel, und dieser letztere Umstand macht es unmöglich, eine gleichmäßig eingehende Darstellung dieser überaus interessanten Gegenden zu geben; da anderseits die Hervorhebung einiger, die Vernachlässigung andrer Gebiete eine unrichtige Vorstellung erzeugen würde, so können wir uns nur ganz flüchtig auf die Betrachtung dieser Länder einlassen. Die große Region junger Kettengebirge setzt sich aus dem südöstlichen Europa nach Asien fort und umfaßt hier zunächst das kaukasisch-armenische Gebiet und Kleinasien. Als eine Fortsetzung des Balkans kann mit sehr großer Wahrscheinlichkeit das Gebirge im südöstlichen Teile der Krim und weiterhin der Kaukasus betrachtet werden, der sich als gewaltige Bergmauer, die Alpen an Höhe bedeutend übertreffend, von der Ausmündung des Asowschen Meeres bis an das Kaspische Meer erstreckt. Granite, Gneiße, kristallinische Schiefer, anderseits sehr entwickelte Ablagerungen des Jura, der Kreide und des Tertiär sind vergesellschaftet mit ungeheuern Massen trachytischer Eruptivgesteine, welche unter andern die beiden gewaltigsten Gipfel, den Kasbek und den Elbrus, zusammensetzen.

Südlich vom Kaukasus und von ihm durch die Thäler des Rion und des Kur getrennt, erstreckt sich das armenische Hochland, dessen Bau gleich dem des ersten Gebirges durch die großartigen Untersuchungen von Abich der Wissenschaft erschlossen wurde. Wir kommen hier an ein Gebiet, welches mit dem trotz mannigfacher Forschungsreisen seiner Hauptausdehnung nach noch ganz unverstandenen Kleinasien in Zusammenhang steht. Soweit eine Orientierung überhaupt möglich ist, können wir es als wahrscheinlich bezeichnen, daß in das westliche Kleinasien einzelne der Ketten über das Ägeische Meer herüberstreichen, welche im östlichen Griechenland eine östliche Richtung einschlagen, und daß die Inseln des Archipels Trümmer dieser Verbindungsstücke darstellen. Auf kleinasiatischem Boden herrscht zunächst westliches Streichen in den Gebirgen, an deren Aufbaue namentlich kristallinische Gesteine von teilweise sehr jugendlichem Alter, ungeheure Massen von Hippuritenkalken und flyschähnlichen Gesteinen der obern Kreide und Nummulitenkalke teilnehmen, während sehr ausgebreitete jungtertiäre Süßwasserkalke, seltener Meeresbildungen dieses Alters, endlich gewaltige Mengen trachytischer Eruptivgesteine einer jüngern Bildungsepoche angehören.

Im nördlichen Teile Kleinasiens hält die östliche Richtung weithin an, später biegen aber die Gebirge nach Nordosten um und bilden den westlichen Teil des armenischen Hochlandes; sie reichen bis an das Thal des Rion und brechen hier im Angesichte des ganz anders orientierten, nach Südsüdosten streichenden Kaukasus plötzlich ab. Verwickelter gestalten sich die Sachen im südlichen Teile Kleinasiens, im Gebiete des Taurus, der mehrfach

in bogiger Krümmung seine Richtung zu wechseln scheint, eine Änderung, die auch im Verlaufe der kleinasiatischen Küste zum Ausdrucke gelangt; im Osten biegen auch diese Ketten nach Nordosten, es gesellen sich ihnen andre Bergzüge bei, welche in der einspringenden Ecke zwischen Kleinasien und Syrien, am Golfe von Iskanderun, entspringen und als eine Fortsetzung des nordöstlichen gebirgigen Ausläufers der Insel Cypern betrachtet werden. Auch diese Ketten ziehen sich nach dem armenischen Hochlande und nehmen an dessen Aufbaue teil. Ungeheure Vulkane, unter welchen der Große Ararat weitaus der bedeutendste ist, und das Auftreten furchtbarer Erdbeben charakterisieren diese Region als ein Feld noch junger Thätigkeit der gebirgsbildenden Kräfte, welche noch heute nicht zur Ruhe gekommen sind, und es ist auf die Möglichkeit hingewiesen worden, daß sich hier ein großer Einbruch vorbereite, ähnlich demjenigen, welchem das Schwarze Meer zum großen Teile seine Existenz verdankt, und daß durch ein derartiges Ereignis das kaspische Becken mit dem pontischen in Verbindung treten werde.

Ungefähr in der Mitte des armenischen Hochlandes tritt eine große Änderung in der Richtung des Gebirges ein, aus der nordöstlichen wendet sich dasselbe in die südöstliche Direktion; ein Zug streicht gegen das Südwestende des Kaspischen Meeres und bricht an dessen Küsten ab; eine zweite streicht dieser ersten Kette etwas weiter im Süden parallel, und ihre Fortsetzung bildet das Elburzgebirge, die gewaltige Gebirgsmauer, welche das persische Hochland von dem Kaspi trennt und von dem riesigen Vulkankegel des Demawend überragt wird. Das persische Hochland, über welches wir in neuerer Zeit namentlich von Tietze Nachricht erhalten haben, wird selbst wieder von bedeutenden Ketten durchzogen; nach Südwesten und Süden wird das iranische Gebiet durch eine breite Zone von Gebirgszügen begrenzt, welche etwas südlich vom armenischen Hochlande in Kurdistan beginnt und die mesopotamische Ebene und den Persischen Meerbusen gegen Nordosten einsäumt. In der Nähe der Straße von Ormus wendet sich die Richtung gegen Osten und bleibt so bis nach Belutschistan, wo plötzlich in der Nähe der indischen Grenze eine rasche Umbiegung nach Nordosten bis Norden eintritt und die Ketten sich dem Indus entlang gegen den großen Gebirgsknoten des zentralen Asien hinziehen. Auch die Ketten des innern Iran und Afghanistan schließen sich nun dieser Richtung an, und die eng zusammengedrängten Fortsetzungen dieser Gebirge vereinigen sich zu dem gewaltigen, nordöstlich orientierten Systeme des Hindukusch, der riesigen Schwelle zwischen Turan und Indien.

Der Hindukusch streicht nach Nordosten bis nahe an den 74.° östlicher Breite (von Greenwich); hier aber erreicht er plötzlich sein Ende, er trifft auf ein noch gewaltigeres Gebirge, das von Südosten nach Nordwesten gerichtet ist, auf das ungeheure System des Himalaja und Kuenlün; beide stoßen hier fast unter einem rechten Winkel zusammen, ohne daß es bisher ermittelt wäre, ob die einzelnen Ketten an dieser Stelle abbrechen oder in scharfer Umbiegung ineinander übergehen. So verhält es sich wenigstens im südlichen Teile dieser mächtigen Scharung, wo der eigentliche Hindukusch mit dem Himalaja zusammenkommt. Etwas anders gestalten sich die Beziehungen etwas weiter im Norden, hier liegt der Pamir, „das Dach der Welt", nach der frühern Auffassung ein überaus hoch gelegenes Plateau, das aber in Wahrheit nach den Untersuchungen von Stoliczka und nach ihm der russischen Geologen aus einer großen Anzahl dicht aneinander gedrängter Ketten besteht, welche alle nach Ostnordosten in der Richtung des Hindukusch streichen und mit diesem ein Gebirgssystem bilden. Diesen Ketten kommt von Südosten her das nach dieser Richtung umgebogene Ende des Kuenlün entgegen, das sich hier eng an den Himalaja anschmiegt; aber sein Verhalten gegen die Nordostzüge ist ein andres. Statt gegen dieselben abzustoßen oder in deren Richtung umzuschwenken, biegt die äußerste Fortsetzung des Kuenlün als Kisil Yart oder Gebirge von Kaschgar nach Nordnordwesten und zuletzt nach Norden um, er streicht an

den Enden der Pamirketten vorüber, die hier abstoßen. Plötzlich bricht der Zug des Kisil Yart seinerseits ab, und nun streicht das nördlich an die Pamirketten sich anschließende Alaigebirge seinerseits an dessen nördlichem Ende vorüber. Damit haben wir aber den Beginn eines ganz neuen Gebirgssystemes erreicht, den mächtigen Thianschan, welcher sich in gewaltiger Breite von den Ufern des Oxus und Jaxartes bis ins Herz der Mongolei erstreckt, und dessen südlichste Kette das Alaigebirge darstellt. Wir können hier nicht auf eine genaue Schilderung des Thianschan eingehen, welcher durch die Untersuchungen russischer Geologen, namentlich von Muschketow und Romanowsky, näher bekannt geworden ist. Spärliche paläozoische Ablagerungen, pflanzenführende Juraschichten, einige isolierte Vorkommnisse von marinem Jura, sehr fossilreiche obere Kreide und unteres Tertiär sind die hauptsächlichsten Sedimentbildungen, welche hier auftreten.

Die Erscheinungen, wie wir sie bei dem Zusammentreffen der beiden gewaltigen Gebirgssysteme des Hindukusch und des Himalaja bei der Scharung dieser riesenhaften Ketten kennen gelernt haben, sind weitaus das Großartigste, was in dieser Beziehung auf der ganzen Erde existiert; die ersten allerdings noch wenig bedeutenden Anfänge liegen im Süden im obern Pandschab im Salzgebirge ungefähr unter $32^1/_2{}^0$ nördlicher Breite, und von da bis fast zum 40.°, also auf eine Entfernung von nahezu 850 km, können wir die wichtige geologische Linie verfolgen, in welcher die mächtigsten Gebirge unsers Planeten zusammenstoßen und das großartige Hochland mit einzelnen Erhebungen über 8000 m bilden.

Wir haben gesehen, daß die gewaltigen Ketten des Himalaja, des Kuenlün, von Südosten herstreichend, an der großen indischen Scharung teilnehmen, und wir müssen diesen höchsten Gebirgen der Erde eine kurze Betrachtung widmen. Der Himalaja erhebt sich ziemlich rasch über der indischen Ebene, über den weiten Schwemmlanden des Ganges, des Indus und ihrer Nebenflüsse, und man könnte geneigt sein, dieses Verhalten mit demjenigen der Alpen zur lombardischen Tiefebene zu vergleichen; allein ein näheres Studium des Gebirges hat gezeigt, daß das nicht der Fall ist, sondern daß die Richtung des Schubes von Norden kam, daß die südliche Seite des Himalaja die Außenseite darstellt. Den äußersten Saum des Gebirges gegen die Ebene nehmen die jungtertiären Sivalikschichten ein, Süßwasserbildungen von außerordentlicher, bisweilen einige 1000 m betragender Mächtigkeit, welche in mehr als einer Beziehung großes Interesse bieten. In erster Linie ist die reiche, zum geringern Teile dem europäischen Miocän, zum größern dem Pliocän entsprechende Säugetierfauna hervorzuheben mit ihren zahlreichen Elefanten, Mastodonten, Nashörnern, Hippopotamen, mit den riesigen Sivatherien, Hydaspitherien und ihren massenhaften Rindern &c., die schon früher an einer andern Stelle erwähnt wurden. Allein auch in andrer, rein geologischer Beziehung sind diese Bildungen außerordentlich bemerkenswert; schon die außerordentliche Dicke des Sedimentes ist befremdend, denn wir können unmöglich die Existenz eines so tiefen Binnensees annehmen, daß 4000 m mächtige Sand- und Lehmablagerungen auf seinem Boden hätten entstehen können, und überdies sieht man durchaus nicht ein, wo denn gegen den Golf von Bengalen und gegen das Arabische Meer die Ufer dieses Sees gelegen haben sollen. Blanford hat diese Schwierigkeiten hervorgehoben, und diese sowohl als der Charakter des Sedimentes, das mit den heutigen Absätzen der großen indischen Ströme außerordentliche Ähnlichkeit zeigt, führen zu der Ansicht, daß wir es mit Anschwemmungen der tertiären Flüsse zu thun haben, eine Ansicht, die um so wahrscheinlicher ist, als man einen Zusammenhang zwischen der Lage der aus dem Himalaja austretenden Flußthäler und der Beschaffenheit der Absätze nachweisen kann. Immerhin ist es auch so noch schwierig genug, sich vorzustellen, auf welche Weise die Ströme der Tertiärzeit Schlamm und Sand in solcher Mächtigkeit zusammenhäufen konnten; wir müssen annehmen, daß während der miocänen und pliocänen Zeit das Gebiet, welches heute die große nordindische Ebene einnimmt, ein Senkungsfeld

darstellte, welches an Bruchlinien absank, während gleichzeitig die aus dem Gebirge kommenden Flüsse in dem Maße Schlamm, Sand und Gerölle aufschütteten, als das Terrain sank, so daß es fortwährend annähernd dasselbe Niveau behielt oder wenigstens über dem Meeresspiegel blieb. Es zeigt uns das unter anderm, in wie langsamem Tempo ein derartiges Abgleiten größerer Schollen der Erdrinde in die Tiefe stattfindet, wenn die Anschwemmung eines Flusses über weite Strecken hin den Höhenverlust auf jenem Wege zu decken vermag.

Während sich in dieser Weise die Sivalikschichten als die miocänen und pliocänen Alluvien der großen, dem Himalaja entstammenden Wasserläufe absetzten, war die Faltung und Aufrichtung des Gebirges noch fortwährend thätig, und so sehen wir denn auch die Sivalikbildungen am Fuße des Himalaja noch stark gestört und selbst die jungen, pliocänen Ablagerungen mit den Resten von Rindern und Elefanten in ein verwickeltes System von Synklinalen und Antiklinalen gelegt. Es geht daraus hervor, daß der Himalaja ein viel jüngeres Gebirge ist als die Alpen, oder richtiger gesagt, daß seine Aufstauung noch in viel jüngerer Zeit fortgedauert hat; am Fuße der Alpen sind die ältern Miocänschichten das jüngste Glied, welches noch aufgerichtet ist, während im Himalaja vermutlich die Gesamtheit des Pliocän noch von der Bewegung mitbetroffen ist. Der Bau des eigentlichen Hochgebirges ist ein sehr verwickelter und je nach den Gebieten stark wechselnder; zunächst an die tertiäre Außenzone schließen sich versteinerungsleere kristallinische Schiefer, Gneiße und Ablagerungen paläozoischen Alters; erst weiter im Innern folgen fossilreiche Bildungen, die vom Silur bis zu den eocänen Nummulitenkalken reichen. Besonders bemerkenswert sind die mächtigen Massen von Kalken und Dolomiten der Trias, welche teilweise eine reiche Menge von Ammoniten oder auch großen Muscheln aus den Gattungen Megalodus und Dicerocardium enthalten und in ihrer Entwickelung in mancher Hinsicht lebhaft an die Vorkommnisse des Salzkammergutes erinnern (s. Abbildung, S. 706). Der Jura ist durch die schwarzen „Spitischiefer“ vertreten, welche eine außerordentlich eigentümliche Ammonitenfauna enthalten; die große Mehrzahl der hier vorkommenden Arten ist auf diese Gegend beschränkt, speziell zeigt sich fast gar keine Verwandtschaft zu den Typen der indischen Halbinsel, im Gegenteile erinnern manche der Himalajaformen an solche der nordischen Entwickelung, wie wir sie am besten aus Rußland kennen. Nicht überall aber treten im Himalaja diese Meeresbildungen auf, im östlichen Teile greifen die pflanzenführenden Binnenablagerungen, wie sie auf der indischen Halbinsel herrschen, wenigstens in die äußern Zonen des Gebirges ein, die tektonische Grenze dieses letztern fällt also nicht mit der Grenze zwischen der Meeres- und Binnenentwickelung der ältern Sedimente zusammen. Jenseit der fossilreichen Ablagerungen folgen dann gegen Norden zu wieder riesige Massen von Gneißen, welche die höchsten Ketten und Gipfel des Gebirgssystemes und der ganzen Erde bilden; die zentralen Gneiße des Himalaja setzen den Gaurisankar, den Kantschindschinga und all die höchsten Erhebungen zusammen. Was jenseit dieser höchsten Kette liegt, ist nur für den westlichsten Teil des Gebietes in der Nähe der großen Scharung einigermaßen bekannt, wo all die Zonen außerordentlich an Breite verlieren und sich zusammendrängen; in allen übrigen Teilen, wo das Hochland zu gewaltiger Breite anschwillt, ist es den Geologen noch nicht gelungen, tiefer in diese Welt von Gebirgen einzudringen. Tibet und Nepal verschließen jedem Europäer ihre Grenzen aufs eifersüchtigste, und so war es bisher nicht möglich, den Schleier des Geheimnisses zu lüften, welcher noch über dem geologischen Baue des erhabensten Hochlandes liegt. Das nördlichste Glied des ganzen Gebirgssystemes ist der Kuenlün, welcher die große mongolische Wüste gegen Süden begrenzt; in der Nähe des Pamir sehen wir das Kaschgargebirge, das äußerste Ende des Kuenlün, nach Nordwesten gerichtet, weiter von der Scharung entfernt, nimmt aber die Kette eine fast rein ostwestliche Richtung an, sie entfernt sich daher nach Osten mehr und mehr von der nach Südosten bis Südsüdosten

Der Lilang in Kaschmir, aus marinen Triaskalken von alpinem Typus zusammengesetzt. Vgl. Text, S. 705.

Digitized by Google

gerichteten Himalajakette, und dadurch wird der Raum für die gewaltige Entfaltung des tibetanischen Hochlandes zwischen beiden geschaffen. Im Kuenlün sind kristallinische Schiefer, Triaskalke mit Megalodus und Dicerocardium, ferner obere Kreide, stellenweise mit Hippuriten, entwickelt; über den Bau des größten Teiles dieser Gebiete sind wir zu wenig unterrichtet, als daß ein näheres Eingehen auf diesen Gegenstand hier von Nutzen sein könnte. Von größter Wichtigkeit ist dagegen das Verhältnis, in welchem das östliche Ende des Himalaja zu andern Gebirgen steht. Genau ist allerdings diese Beziehung nicht bekannt, gerade die Gegend, in welcher das System des Himalaja mit andern Gebirgen in Berührung tritt, die Quellregion des Saluën und Irawadi, der Mittellauf des Brahmaputra und die umgebenden Regionen gehören zu den am wenigsten bekannten Teilen Asiens, ja die Unsicherheit ist so groß, daß man noch heute nicht mit voller Sicherheit weiß, ob der mächtige, aus dem großen Längsthale des südlichen Tibet austretende Strom wirklich der Oberlauf des Brahmaputra ist, wie es fast alle Karten angeben. Aus jenem unerforschten Gebiete streichen einerseits breite Gebirgsmassen nach Ostsüdosten, durch den nordwestlichsten Teil von Hinterindien und nach der südchinesischen Provinz Jünnan. Dieses Gebirge wird von Richthofen als das hinterindische System bezeichnet, und wir dürfen in kurzer Zeit nähere Aufschlüsse über den Bau dieses Striches von Loczi erwarten, welcher denselben gekreuzt hat. Heute ist noch nicht genug bekannt, um auch nur entscheiden zu können, ob wir es mit einem jungen Kettengebirge oder mit einer ältern Aufstauung zu thun haben.

Etwas besser sind wir über andre Ketten orientiert, welche sich an die östliche Endigung des Himalaja anschließen; aus dem nördlichen Birma, vom Brahmaputra und dem Mittellaufe des Irawadi, streichen in der westlichen Hälfte der hinterindischen Halbinsel mehrere parallele Ketten, teilweise durch breite und tiefe Einsenkungen voneinander getrennt, nach Süden. Am besten bekannt ist der äußerste, westlichste Zug, welcher sich von der Grenze Assams längs der Küste und westlich vom Unterlaufe des Irawadi erstreckt und im Kap Negrais gegen das Meer abbricht. Namentlich die Zusammensetzung dieses Striches ist von großem Interesse wegen der merkwürdigen Ähnlichkeit mit europäischen Verhältnisse; neben Triasbildungen von alpinem Typus treten namentlich sehr mächtige Sandsteine und Schieferthone der Kreideformation auf, welche in ihrem Typus ganz mit dem übereinstimmen, was man bei uns Flysch oder Macigno zu nennen pflegt. Die Ähnlichkeit wird um so auffallender, als dieser hinterindische Macigno ganz wie derjenige Italiens oder Griechenlands mit massenhaftem Serpentine vergesellschaftet ist und ebenso wie auf der Balkanhalbinsel die Sandsteine und Schieferthone in einer Weise in kristallinische Schiefer übergehen, daß eine Trennung nicht möglich erscheint und man die letztern als veränderte Kreidegesteine zu betrachten geneigt ist. Zu diesen Gebilden treten noch Nummulitenkalke, und so finden wir an den Ufern des Golfes von Bengalen ein Gebirge auftreten, das nach allen Schilderungen mit denjenigen des südöstlichen Europa eine geradezu staunenerregende Verwandtschaft zeigt.

Am Kap Negrais bricht die Kette von Arakan ab, sie verschwindet unter dem Meere, aber nicht ohne wenigstens in einzelnen Bruchstücken auch noch weiterhin über den Spiegel des Ozeanes hervorzutauchen und so den ursprünglichen Verlauf anzudeuten. In der Fortsetzung derselben Streichungsrichtung treten, einen leicht geschwungenen Bogen darstellend, die Inselgruppen der Andamanen und der Nikobaren auf mit denselben Sandsteinen und Schieferthonen der Kreideformation, die in kristallinische Schiefer übergehen und mit Serpentinen vergesellschaftet sind. Das Südende der Nikobaren liegt schon ganz nahe der Nordwestspitze von Sumatra, der äußersten unter den Großen Sundainseln, die Streichung des Gebirges wendet sich in dieser Richtung, und da überdies auch auf Sumatra ganz ähnliche Kreidegesteine auftreten, so geht daraus hervor, daß wir es mit der Fortsetzung desselben

Zuges zu thun haben. Die äußere birmanische Kette setzt sich also durch die Andamanen und Nikobaren in die große Bogenlinie fort, welche mit Sumatra beginnt und sich von da über Java, Sumbava, Flores ꝛc. nach Osten fortsetzt.

Ehe wir jedoch diese Gegend besprechen, müssen wir zu den birmanischen Ketten zurückkehren, von denen wir nur die westliche, in Arakan gelegene kennen gelernt haben; östlich von derselben breitet sich zunächst die breite Niederung des Irawadi aus, welche tief in das Gebirgsland hineingreift und vermutlich einem jungen Einbruche entspricht; weiter im Osten treten dann neue Ketten von nordsüdlichem Verlaufe auf, welche älter zu sein scheinen als diejenigen von Arakan, und in welchen auch alte, vermutlich archäische Felsarten vorkommen. Offenbar steht dieser Zug, welcher sich nach Süden in die Malayische Halbinsel fortzusetzen scheint, mit dem Gebirge von Arakan in inniger Beziehung, wenn sie auch durch eine spätere Senkung getrennt sind, und offenbar entspricht die westliche, arakansche Kette der äußern Flyschzone, die östlichern Teile den ältern Partien eines alpinen Gebirges.

Wie eben erwähnt wurde, betreten wir in dem nordwestlichen Ende von Sumatra den Eckpunkt einer langgestreckten Inselreihe, offenbar eines jungen Kettengebirges, dessen aufgerichtete Ablagerungen sich aber nicht sehr hoch über den Meeresspiegel erheben und vielfach von jungtertiären Schichtgebilden und vulkanischen Ausbruchsprodukten umhüllt sind. Die bedeutendsten Gipfel dieses Gebietes gehören nicht dem gefalteten Gebirge an, sondern sie sind durchgängig junge, noch thätige oder erst seit kurzem erloschene Feuerberge; gelangen wir doch hier zu demjenigen Gebiete der Erde, in welchem die vulkanische Thätigkeit am großartigsten entfaltet ist, in welchem sich die meisten Feuerschlünde auf verhältnismäßig nicht sehr großem Raume zusammendrängen. Java allein trägt deren etwa 100, von denen gegen 30 noch thätig sind, und dieser Region gehören drei der furchtbarsten Vulkane an, Krakatau, Gunung Gelungung auf Java und Temboro auf Sumbava, denen sich auf der ganzen Erde vielleicht nur noch der Conseguina in Zentralamerika und der Skaptar Jökull auf Island an verderblicher Wut der Ausbrüche an die Seite stellen können. Mit ziemlicher Sicherheit können wir die mit Sumatra beginnende Kette über Java, Bali, Lombok, Sumbava, Flores und mehrere kleinere Inseln bis Timor verfolgen; von hier aus wird der weitere Nachweis unsicher, doch macht es die einfache geographische Anschauung der Karte wahrscheinlich, daß eine weitere Fortsetzung in Neuguinea und Neukaledonien zu suchen sei, während Neubritannien, die Salomo-Inseln und die Neuen Hebriden eine Parallellinie bilden würden. Als das allerdings weit entlegene Ende dieser Kette wäre dann wohl Neuseeland zu betrachten. Eine genaue Prüfung dieser wahrscheinlichen Annahme hier durchzuführen, kann nicht unsre Aufgabe sein, und ebensowenig können wir uns mit einer Schilderung dieser mit Ausnahme von Neuseeland noch sehr wenig erforschten Länder befassen; aus Neukaledonien ist etwa das Vorkommen mariner Triasbildungen zu erwähnen. Von den Palaos werden Hornblendegranite und Diabase, von Neubritannien das Vorhandensein älterer Sedimente erwähnt, von den Fidschi-Inseln hat A. Wichmann eine reiche Menge von Massengesteinen, Schiefern, Sandsteinen und Kalken beschrieben, ja sogar auf den Markesasinseln, fast in der Mitte des Pazifischen Ozeanes, werden Gneiße und Glimmerschiefer erwähnt. Näher bekannt ist Neuseeland, ein Bruchstück eines S-förmig gebogenen Kettengebirges, an dessen Aufbaue alte kristallinische Schiefer sowie eine schön entwickelte Reihenfolge von Schichtgesteinen teilnehmen; Silur, Kohlenformation, Trias, Jura, Kreide, verschiedene Stufen des Tertiär sind durch zahlreiche Fossilien nachgewiesen. Von größter Bedeutung sind ferner die thätigen und erloschenen Vulkane sowie die massenhaften heißen Quellen, die bei einer frühern Gelegenheit geschildert wurden (s. Bd. I, S. 256 und 384—388). Wenn wir hier auf diesen Gegenstand zurückkommen,

SINTERTERRASSEN DES TETARATA-SPRUDELS AM ROTOMAHANA-SEE (Neuseeland).

Digitized by Google

so geschieht dies, um der merkwürdigen Veränderungen zu gedenken, welche diese Gegenden in jüngster Zeit betroffen haben und die zu den denkwürdigsten vulkanischen Erscheinungen zählen. Der berühmte See von Rotomahana und seine vielbewunderten Sinterterrassen (s. die beigeheftete Farbendrucktafel) sind dadurch ganz verwüstet worden, sie sind vollständig verschwunden. Die allerdings noch sehr unvollständigen Berichte über das Ereignis ergeben folgendes: Am 10. Juni 1886, morgens um 2 Uhr 10 Minuten, begann eine durch wenige Vorboten angezeigte vulkanische Thätigkeit in dem neuseeländischen Seedistrikte, welche sich über eine Entfernung von 150 englischen Meilen ausbreitete, von der Plentybucht bis zum Tongariroberge. „Am 10. Juni, morgens 2 Uhr 10 Minuten, wurden die Einwohner der aufblühenden Stadt Rotorua durch ein heftiges Erdbeben mit furchtbarem unterirdischen Getöse aufgeschreckt; mächtige Dampfmassen breiteten sich aus, um 4 Uhr fand Aschenregen statt, der im Verlaufe des Ausbruches den Boden stellenweise mehrere Fuß hoch überschüttete. Die Häuser wurden zerstört, und viele Personen gingen zu Grunde; 50 m hohe Bäume wurden entwurzelt, und die Stämme und Zweige bildeten stellenweise ineinander verschlungene Massen von mehr als 3 m Dicke, die ganze Vegetation wurde zerstört; das Wasser der wegen der prachtvollen blauen und grünen Farbe berühmten Seen von Tikitapa und Rotokakahi erhielt ein schlammiges, braunes Aussehen. Am 13. Juni hatte sich die vulkanische Thätigkeit so weit beruhigt, daß Expeditionen ausziehen konnten, um die erfolgten Verwüstungen zu untersuchen. Der Berg Kakarema und der See Okaro wurden in normalem Zustande gefunden, dagegen hatten sich an dem Flusse, welcher den Okaro mit dem Rotomahanasee verbindet, vier Krater gebildet, und ein solcher von bedeutender Größe war am Gehänge des den Rotomahana beherrschenden Taraweraberges entstanden, wo früher nur Farnkräuter und Tussockgras gewesen waren. Rotomahana selbst schien ein einziger ungeheurer Kessel mit einer Menge kleiner Krater in vollster Thätigkeit; es wurden deren 11—15 gezählt, welche Wolken von Dampf, Steinen und Schlamm ausstießen. Die frühere Lage der rosenroten Sinterterrasse war von einem der größten dieser Kegel eingenommen, während die weiße Terrasse rein weg in die Luft geblasen und ihre Stelle von ungeheuern Fumarolen eingenommen war. Ein Beobachter berichtet: ‚Wir erreichten einen hohen und steilen Hügel fast senkrecht über dem ehemaligen Rotomahanasee, der jetzt ein riesiges Becken ist mit zahllosen kleinen Kratern, Geisern, Fumarolen, ein richtiger Hexenkessel, traurig und schauerlich anzusehen. Der Standpunkt gestattete einen weiten Ausblick über eine ganze Reihe in Thätigkeit befindlicher Vulkane. Wir kletterten dann hinab und kamen bis an den Rand des Kraters, des ehemaligen Rotomahana, wir befanden uns nur fünf Schritte vom Rande des Abgrundes und sahen ein Bild, das wohl keiner von uns vergessen wird. Ein Nordwind lüftete die Dampfhülle und gestattete den Blick in das nun trockne Bett des Rotomahana, jetzt der Schauplatz vulkanischer Thätigkeit, die Worte zu schildern nicht im stande sind. Hunderte von vulkanischen Kegeln stießen Dampf aus und ein Produkt, das wie schwarzer Rauch aussah; eine Menge von Geisern schleuderten ihre Wasserstrahlen hoch in die Luft; etwa 100 Ellen von dem Westende schleuderte ein großer Vulkan in fortwährender Thätigkeit ununterbrochen Massen von Schlamm und Dampf aus. Wir gelangten nun an das Ufer, wo einst die rosenroten Terrassen gewesen waren; das ganze Südufer des Sees ist hier in die Luft geblasen worden, und an seiner Stelle befindet sich nun ein offener Schlund. Wir gingen nun um den Krater herum nach dem Westende des Sees, um einen Blick auf die weißen Terrassen zu erhalten; als der Dampf sich etwas lüftete, sahen wir, daß auch sie dasselbe Schicksal ereilt hatte.‘“ (Nach R. Etheridge jun., stark gekürzt.)

Diese Berichte lassen uns erkennen, daß es sich hier um einen außerordentlich eigentümlichen Ausbruch handelt, der nicht sowohl durch Entwickelung außergewöhnlicher Gewalt

an einem Punkte als durch die gleichzeitige Thätigkeit einer Menge über eine weite Strecke verbreiteter Ausbruchspunkte und durch die außerordentlich innige Verbindung eigentlich vulkanischer Erscheinungen mit Geiserphänomenen in hohem Grade ausgezeichnet ist.

Welches die Bedeutung der zahllosen kleinen Inseln ist, welche außerhalb des mit Neuseeland endigenden großen Bogens gegen Norden und Osten in der polynesischen und mikronesischen Region liegen, können wir noch nicht mit Bestimmtheit angeben; sie bestehen mit Ausnahme der Fidschi-Inseln und vermutlich der Markesas nach den bisher bekannten Nachrichten durchgehends aus jungen vulkanischen Aufschüttungen oder aus den Bauten der Korallen, allein ihre oft sehr regelmäßige Anordnung in geraden oder bogenförmigen Linien läßt die Vermutung entstehen, daß man es mit den letzten Spuren untergetauchter Gebirge zu thun habe. Wir können uns mit diesen an sich wenig bedeutenden Schollen nicht näher beschäftigen, von großer Bedeutung ist dagegen eine innerhalb des großen papuanisch-neuseeländischen Bogens gelegene gewaltige Schichttafel, Neuholland, mit dem geologisch aufs innigste dazu gehörigen Tasmanien, deren Bau allerdings nur zum geringern Teile bekannt ist. Zahlreiche paläozoische Ablagerungen, unter welchen die mit Glazialspuren ausgestatteten Karbonbildungen hervorragen, Jura, Kreide, verschiedene Stufen des Tertiär sind von hier bekannt, besonderes Interesse erregen die jungen, diluvialen Anschwemmungen, welche in großer Zahl die Reste einer untergegangenen Beuteltierbevölkerung, teilweise von riesigen Dimensionen, einschließen.

Wir kehren zu der Region der Sundainseln zurück, bis zu welcher wir den aus Birma herabstreichenden Gebirgsbogen verfolgen konnten; die Welt großer Inseln, welche hier das südöstliche Ende Asiens umgibt, ist durchaus nicht von einheitlichem Baue, und nicht alle scheinen den Charakter junger Kettenbildung an sich zu tragen; das gilt vor allem von Borneo, welches eine alte Masse mit aufgelagerten Schollen von oberer Kreide und älterm Tertiär darzustellen scheint, während die meisten andern sich irgendwie als Glieder von Ketten anzuordnen scheinen. Allerdings ist die Anordnung eine so verwickelte und unsre geologische Kenntnis jener Gegenden eine so geringe, daß wir nicht im stande sind, uns über den Bau und die Anordnung der Gebirge eine richtige Vorstellung zu machen, wenn auch einzelne Bogenlinien auf der Karte klar hervortreten. Deutlicher wird diese Erscheinung schon bei den Philippinen, in vollster Entwickelung aber finden wir sie dann weiter nach Norden bei den schon öfters genannten „Festoninseln", die wie bogig herabhängende Blumengewinde die Ostküste Asiens einsäumen, es sind das ebenso viele geschwungene Gebirgsketten, durchgehends mit Vulkanen ausgestattet (vgl. die Karte, Bd. I, S. 204), an deren Innenseite sich annähernd elliptische Senkungsfelder, Kesselbrüche, befinden; in diesen ist das Land in die Tiefe gesunken, und an seiner Stelle finden sich Binnenmeere, das Ostchinesische und das Ochotskische Meer. Den südlichsten dieser Gebirgsbogen bilden die Liukiu-Inseln mit dem südlichen Teile der japanischen Insel Kiusiu; ein zweiter besteht aus dem übrigen Japan (mit Ausschluß des östlichen Jeso) und Sachalin, ein dritter aus dem östlichen Jeso, den Kurilen und Kamtschatka. Eine vierte Inselkette endlich, welche nicht wie die andern nach Nordosten verläuft, sondern ostwestlichen Verlauf nimmt, bilden die Aleuten, welche von Kamtschatka nach der von Nordamerika sich ablösenden Halbinsel Alaska hinüberstreichen und so die Verbindung zwischen der Alten und der Neuen Welt herstellen.

Die Inselbogen der Philippinen, der Liukiu und Japans schließen die chinesische Masse vom offenen Ozeane ab; China, das den Europäern so lange verschlossen war und erst neuerdings, namentlich durch die bewundernswerten Forschungen F. v. Richthofens, der Wissenschaft erschlossen worden ist, stellt ein altes Festland dar, welches fast ganz aus archäischen und paläozoischen Bildungen besteht. Kristallinische Schiefer, kambrische, silurische, devonische Ablagerungen, Kohlenkalk mit einer Menge mariner Fossilien sind überaus

verbreitet; von größter Wichtigkeit aber ist das massenhafte Vorkommen von produktiver Kohlenformation mit einem Reichtume an Brennmaterial, welcher China auf gleiche Stufe mit Nordamerika an die Spitze der Kohlenländer stellt. Mesozoische Bildungen sind von geringerer Bedeutung, nur Binnenablagerungen der Juraformation, ebenfalls mit Kohlen, verdienen hervorgehoben zu werden. Eine besonders merkwürdige Eigentümlichkeit des nördlichen China ist die ungeheure Entwickelung des diluvialen Löß, welcher in dem „gelben Lande" in einer Mächtigkeit und Verbreitung auftritt wie an keinem andern Punkte der Erde (s. Bd. I, S. 461).

Amerika.

Wir haben bisher die Festländer der Alten Welt und die Inselgebiete des Stillen Ozeanes kennen gelernt; es bleibt uns noch die Betrachtung Amerikas, der beiden großen Festlandsmassen der westlichen Halbkugel, welche durch die schmale zentralamerikanische Landenge verbunden werden. Südamerika erhebt sich durchaus unvermittelt, ohne Zusammenhang nach Osten und Westen aus dem Ozeane, Nordamerika steht in seiner nordwestlichen Ecke mit dem nordöstlichen Asien durch die Inselkette der Aléuten in Verbindung, aber immerhin ist das nur eine sehr lose Verknüpfung, im allgemeinen stellen sich die beiden Amerika als sehr selbständige Individualitäten dar.

Diese sehr scharfe Abtrennung ist ein ziemlich neues Ereignis. Zahlreiche Thatsachen aus der Verbreitung lebender und fossiler Geschöpfe zeigen, daß während eines großen Teiles der Tertiär- und Diluvialzeit eine vollständige und zusammenhängende Landverbindung mit dem nordöstlichen Asien vorhanden war, wie das bei der Darstellung jener ältern Bildungen näher geschildert wurde; außerdem macht es die Verbreitung der tertiären Meeresbildungen und der Basalte und Basalttuffe mit zwischengelagerten Braunkohlenschichten im nördlichen Teile des Atlantischen Ozeanes sehr wahrscheinlich, daß Nordamerika wenigstens zeitweilig auch mit Nordeuropa in Verbindung war. Endlich haben wir uns überzeugt, daß sich während der Jura- und Kreidezeit und selbst noch zu Beginn des Tertiär ein Festland quer über die Breite des jetzigen Südatlantischen Ozeanes von Afrika nach Brasilien erstreckte, von welchem in den Azoren, den Kanaren und namentlich in den Kapverdischen Inseln noch einige Bruchstücke sich erhalten haben. Das atlantische Becken stellt demnach eine verhältnismäßig junge Bildung dar, während der Stille Ozean eine uralte Einsenkung der Erdoberfläche ist, deren Gestalt und Größe manchen Schwankungen unterworfen war, deren Hauptmasse aber besteht, soweit wir überhaupt die geologische Geschichte jener Räume zurückverfolgen können.

Der naturgemäße Weg wäre offenbar, zu verfolgen, wie sich die aléutische Kette in das nordwestlichste Amerika fortsetzt, um von da nach Süden und Osten weiterzuschreiten; allein leider ist unsre Kenntnis des geologischen Baues jener nördlichen Gegenden noch eine überaus unvollkommene, so daß wir dieses Gebiet nicht zum Ausgangspunkte wählen können. Genauer erforscht ist nur der größte Teil der Vereinigten Staaten von Nordamerika und einige anstoßende Gebiete von Britisch-Nordamerika, und diesen müssen wir uns zunächst zuwenden. An der atlantischen Küste beginnt im Nordosten in Neuschottland und Neubraunschweig ein großes gefaltetes Gebirge, das von hier aus nach Südwesten der Küste parallel sich weithin bis in den südlichen Teil der Vereinigten Staaten, bis nach Alabama und Georgien, erstreckt. Es sind das die Appalachen oder Alleghanies, das Rückgrat des atlantischen Nordamerika, ein sehr altes Gebirge, dessen Faltung schon in kambrischer, vielleicht schon in archäischer Zeit begonnen hat, und in welchem seit dem Ende der paläozoischen Zeit keine sehr bedeutende Bewegung mehr eingetreten zu sein scheint. Dem entsprechend fehlen den

Appalachen, wie allen sehr alten Gebirgen, trotz ihrer Länge und der ebenfalls sehr bedeutenden Breitenentwickelung die schroffen Bergformen, die scharfen Kämme und steil aufragenden Gipfel, wenn auch einzelne Höhen sich über 2000 m erheben. Vermutlich aber trugen in einer frühern Vorzeit, etwa zu Beginn der mesozoischen Zeit, die Appalachen alpinen Charakter an sich und mögen im Osten des Erdteiles eine ebenso stolze Kette gebildet haben wie etwa heute im Westen die Sierra Nevada. Das Gebirge ist von ausgezeichnet einseitigem Baue, gegen Südosten liegt eine langgestreckte Zone archäischer Gesteine, darüber folgen paläozoische Ablagerungen von silurischem, devonischem und karbonischem Alter, das Ganze in ein System langgezogener Falten gelegt und von gewaltigen Längsbrüchen durchzogen. Gegen Nordwesten zu werden die Falten seichter, die Schichtstellung wird flacher und geht allmählich in vollständig wagerechte Lagerung über, die dann sehr weit hin gegen Westen anhält, nur wenig von einer einzigen seichten Welle unterbrochen. Im nordöstlichsten Teile der appalachischen Kette stößt die Bruchseite mit ihren archäischen Ablagerungen unmittelbar an den Atlantischen Ozean, bald aber schieben sich jüngere Bildungen zwischen beide, Ablagerungen des Tertiär, der obern Kreide und der Trias. Die Trias ist durch den an einer frühern Stelle besprochenen roten „Connecticutsandstein" vertreten, welcher in seinem Aussehen dem Buntsandsteine Deutschlands sehr ähnlich ist und durch die Menge und Mannigfaltigkeit der Fährten oder Fußeindrücke auf zwei Beinen wandelnder Tiere, vermutlich von Dinosauriern, ausgezeichnet ist (s. S. 331). Der Connecticutsandstein ruht größernteils in übergreifender Lagerung auf den abgewaschenen Schichtköpfen der archäischen Zone der Appalachen, hat aber doch noch an den letzten Aufrichtungsbewegungen teilgenommen, teilweise und namentlich im südlichen Gebiete ihrer Verbreitung schiebt er sich zwischen die kristallinischen Schiefer und die jüngern Ablagerungen ein. Tertiär und Kreide erscheinen zuerst auf einzelnen die Küste begleitenden Inseln, auf Nantucket, auf Long Island gegenüber von New York &c.; dann aber nehmen sie einen an Breite fortwährend zunehmenden Küstensaum ein, der sich bis an das Südostende der Vereinigten Staaten hinabzieht, die ganze Halbinsel Florida einnimmt und sich von da westwärts bis nach Mexiko fortzieht; eine mächtige Bucht erstreckt sich von diesem breiten jüngern Saume, dem Thale des Mississippi entsprechend, nach Norden zwischen die ältern paläozoischen Schichten. Die obere Kreide ist in diesem Gebiete ganz und das Tertiär wenigstens zum großen Teile aus Meeresablagerungen zusammengesetzt; die Kreide stimmt in ihrer ganzen Entwickelung gut mit derjenigen in Europa überein, und namentlich in New Jersey ist die Ähnlichkeit mit der Ausbildung z. B. im nördlichen Deutschland, wie Credner gezeigt hat, eine auffallend große. Auch das Tertiär, namentlich das Eocän und das Miocän, läßt viele Anklänge an europäische Verhältnisse erkennen, doch sind wir über dessen Gliederung und Fauna noch nicht hinreichend orientiert, um einen nähern Vergleich vornehmen zu können.

Wie schon erwähnt, verflachen die Falten der Appalachen gegen Westen, es tritt horizontale Lagerung aller Schichtengesteine bis hinab zu denjenigen der kambrischen Formation ein. Dieses Gebiet zwischen den Appalachen im Osten und den Rocky Mountains im Westen läßt sich in der ungestörten Anordnung der Gesteine mit der gewaltigen russisch-skandinavischen Tafel in Europa vergleichen, und wir werden sehen, daß in vieler Beziehung Ähnlichkeit zwischen beiden vorhanden ist. Im nördlichen Teile, in dem kanadischen Anteile, stehen vorwiegend uralte, archäische Gneiße, Granite, Glimmerschiefer an, welche sich von da bis hinauf nach den unwirtlichen Strichen des hohen Nordens, den „barren grounds" am Ufer des Eismeeres, erstrecken und die Hauptmasse der Inseln des amerikanischen Polararchipels bilden. Die kanadischen Gebiete haben Anlaß zu einer Gliederung der archäischen Ablagerungen gegeben, welche nicht nur für Amerika gültig sein sollte, sondern von vielen auch auf die Ablagerungen andrer Gegenden übertragen worden ist und vielfach noch heute

in der Geologie von Europa eine ungerechtfertigt große Rolle spielt. Die mächtigen Gneißmassen, welche weithin in Nordamerika und namentlich in ausgezeichneter Entwickelung an den Ufern des Lorenzstromes und am Nordrande seiner großen Seen auftreten, wurden als laurentinische Formation zusammengefaßt, und die kalkigen Einlagerungen in diesem Systeme sollten die ältesten sicher erkennbaren Spuren von fossilen Tierresten, die Reste der als Eozoon bezeichneten Riesenforaminifere, enthalten. Es ist gewiß richtig, daß diese Gneißmassen die ältesten Ablagerungen von Nordamerika darstellen, aber der Versuch, sie als einen zeitlichen Stellvertreter petrographisch ähnlicher Gesteine in Europa hinzustellen, entbehrt der positiven Begründung, und auch das Eozoon, das vermeintliche Leitfossil dieser Formation, wird jetzt von der großen Mehrzahl der Paläontologen als eine unorganische Bildung betrachtet. Andre kristallinische Schiefer, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer, Chloritschiefer, Urthonschiefer &c., werden in Amerika als huronische Formation bezeichnet, welche in ungleichmäßiger Lagerung über den laurentinischen Gneißen ruhen soll; doch ist, sowohl was dieses letztere Verhältnis als das der huronischen Schiefer zu den kambrischen und silurischen Schiefern anlangt, noch so vieles unaufgeklärt, und die Angaben sind so widerspruchsvoll, daß hier für weittragende Schlüsse und für eine Beurteilung der Verhältnisse in andern Gegenden nach diesem Muster noch weit weniger Anlaß gegeben ist. Wie dem auch sei, jedenfalls nehmen archäische Gesteine den größten Teil des nördlichen Nordamerika östlich von den Rocky Mountains ein; allein sie bilden diese riesigen Strecken nicht für sich allein, sondern es treten auch Schollen horizontal gelagerter Schichtgesteine auf, welche vereinzelt bis in die höchsten nördlichen Breiten reichen, und unter ihnen sind jene überaus merkwürdigen Vorkommnisse mariner Ablagerungen paläozoischen Alters mit zahlreichen Resten von Mollusken, Brachiopoden und Korallen, die mesozoischen Schichten mit Saurierresten, Ammoniten und die reichen Pflanzenlager des Tertiär, welche in Grinnellland noch bis zum 81° nördlicher Breite hinaufragen.

Auch **Grönland** scheint der Hauptsache nach eine Masse archäischer Gesteine darzustellen, welchen an ihrem westlichen Rande pflanzenführende Schichten der Kreide und des Tertiär, im Osten pflanzenführendes Tertiär und Jura angeklebt sind. Das Innere von Grönland ist großenteils eine Eiswüste, bis in die Nähe des Randes vergletschert, und auch in manchen Teilen des Polararchipels ist bleibendes Landeis. Den größten Teil des nördlichsten Nordamerika aber nehmen die „barren grounds“ ein, durchaus unfruchtbare und von Erdreich entblößte Strecken, in welchen die Gneiße nackt und kahl die Oberfläche bilden; vom Eise abgeschliffen und in rundhöckerige Formen gebracht, stellen sie eine überaus eintönig wellige Fläche vom trostlosesten Aussehen dar. Zahlreiche Wasseransammlungen finden sich hier, und auch der südlichere, mit Vegetation bedeckte Teil von Britisch-Nordamerika trägt eine außerordentlich große Zahl von Seen, von denen manche sehr bedeutende Größe erreichen, das Kennzeichen eines während der Diluvialzeit stark vergletscherten Landes.

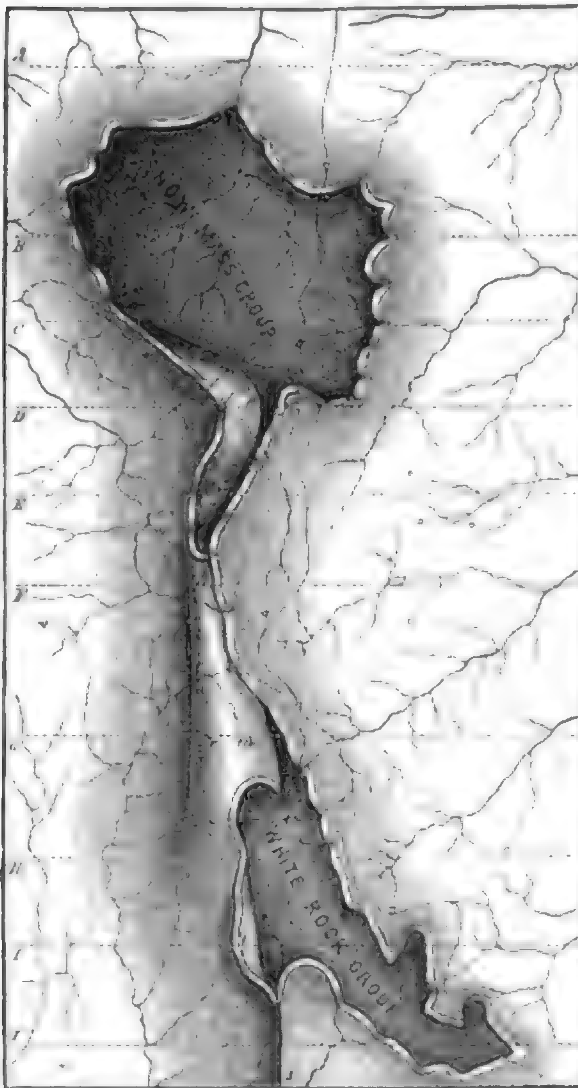
Während im östlichen Teile von Britisch-Nordamerika die archäischen Schiefer vorherrschen, sind weiter südlich in den Vereinigten Staaten in der Region westlich von den Appalachen die verschiedenen Glieder der paläozoischen Schichtreihe in großartigster Weise entwickelt; es wurde erwähnt, daß die Silurformation, das Devon, der Kohlenkalk eine Mächtigkeit der Gesteinsentwickelung, einen Reichtum der Gliederung und eine Fülle der schönsten Versteinerungen zeigen, wie sie in keinem Teile der Welt mehr wiederzukehren scheinen, und auch die produktive Kohlenformation ist überaus stark ausgebildet, so daß die östliche Hälfte der Vereinigten Staaten alle andern Gebiete der Erde an Kohlenreichtum übertrifft oder höchstens von China erreicht wird. Im Südwesten, in Texas, folgen über den Ablagerungen der Kohlenformation Binnenbildungen der Trias, alle diese ältern Gebilde versinken aber dann gegen Westen unter einer ungemein ausgebreiteten Decke von Kreidebildungen,

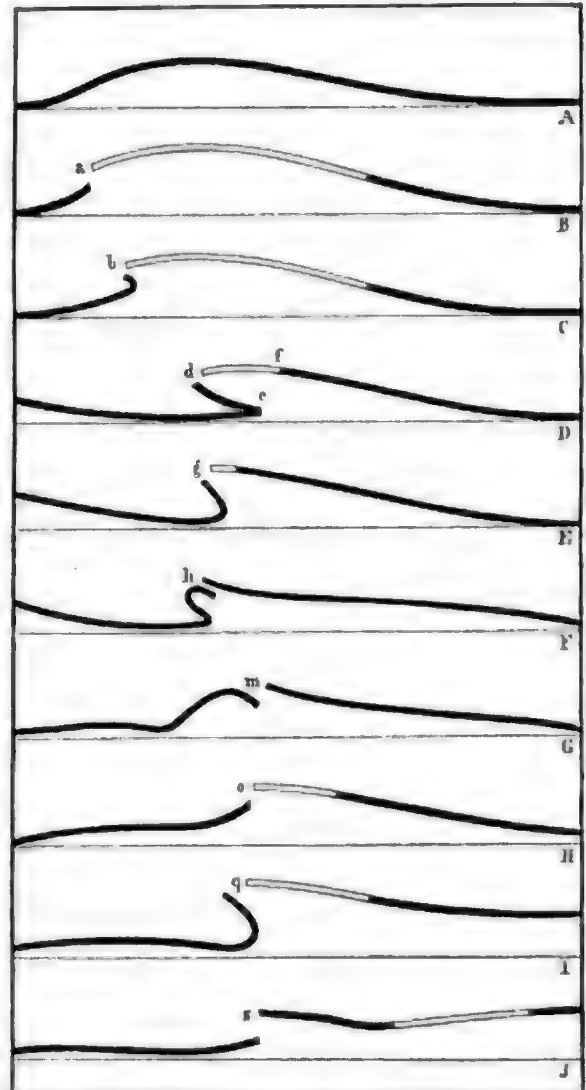
die am Golfe von Mexiko beginnen und sich in einer breiten Zone weithin nach Norden in die wenig bekannten Regionen des zentralen Teiles von Britisch-Amerika vermutlich bis gegen den 60.° nördlicher Breite erstrecken und unter allen Flözformationen Nordamerikas den größten Raum einnehmen. Die untere Kreide fehlt diesem Gebiete nach den bisherigen Erfahrungen vollständig. Die älteste Abteilung, welche hier auftritt, die Dakotagruppe, gehört schon der obern Kreide an und entspricht aller Wahrscheinlichkeit nach der Cenomanstufe Europas ganz oder teilweise; sie enthält eine sehr reiche Flora von Landpflanzen, unter denen, wie in unsern gleichalterigen Bildungen, die Dikotyledonen zum erstenmal bedeutend vorwiegen; neben diesen aber erscheinen auch in manchen Lagen der Dakotagruppe marine Einlagerungen. In den höhern Abteilungen der Kreideformation folgt mehrfacher Wechsel von Meeres- und Binnenablagerungen, die letztern oft mit Kohlen und Resten von Reptilien, die höchste Stufe nehmen als Grenzgebilde gegen das Tertiär die Laramieschichten ein mit einer ganz überwiegend dem süßen Wasser angehörigen Bevölkerung von Konchylien, deren interessante Beziehungen zu den Kreidevorkommnissen in Europa und zu der lebenden Fauna des Tanganikasees an einer frühern Stelle besprochen wurden. Außer diesen Mollusken, die wir namentlich durch die Untersuchungen von White kennen, treten noch zahlreiche Dinosaurierreste sowie eine Menge von Landpflanzen auf, welche aber in ihrem Charakter nicht den gleichalterigen Floren Europas ähnlich sind, sondern weit mehr Verwandtschaft mit der miocänen Pflanzenwelt unsers Erdteiles zeigen. Der Binnensee, aus welchem sich diese Laramieschichten ablagerten, scheint ganz gewaltigen Umfang besessen zu haben, denn man kann seine Ablagerungen von Santa Fé in Neumexiko bis an den Saskatschewanfluß in Britisch-Nordamerika auf eine Entfernung von fast 20 Breitengraden verfolgen. Die zusammenhängende Masse von Schichten der obern Kreide bildet eine von Osten nach Westen bis an den Rand der Rocky Mountains allmählich ansteigende Tafel mit wenigen Erhebungen, der Hauptsache nach eine ungeheure Ebene mit Steppencharakter, die stellenweise auf bedeutende Striche vollständig zur Wüste wird; es gehört hierher das Gebiet der großen Prärie, die noch bis vor kurzem überall von den Reiterschwärmen der Indianer und den unzählbaren Herden der Büffel bewohnt war, deren ursprüngliche Bevölkerung aber jetzt mit reißender Schnelligkeit verschwindet und einer neuen Ordnung der Dinge Platz macht; hierher gehört auch die „große amerikanische Wüste“ am Fuße der Rocky Mountains und südlich von ihr der Llano estacado, eine über alle Beschreibung trostlose Steintafel ohne Wasser und Vegetation, an deren Aufbaue übrigens nach Marcou auch Schichten des Jura und der Trias teilnehmen. Auch außerdem ist nicht das ganze in Rede stehende Gebiet ausschließlich aus oberer Kreide gebildet; die isolierte Berggruppe der Black Hills in Dakota stellt einen sehr eigentümlichen elliptischen Aufbruch von ältern Gesteinen, archäischen Schiefern, paläozoischen Schichten und borealem Jura dar, und anderseits wird ein weiter Flächenraum durch Tertiärablagerungen verhüllt. Namentlich tritt, abgesehen von einigen kleinern Vorkommnissen, eine mächtige, zusammenhängende Partie auf, welche den größten Teil des Staates Nebraska und bedeutende Teile der anstoßenden Staaten und Territorien Wyoming, Dakota, Kansas und Colorado deckt. Wie überall in Nordamerika, abgesehen von dem Küstensaume und der Mississippibucht, ist auch hier das Tertiär nur durch Süßwasserbildungen vertreten und zwar vorwiegend durch Schichten von oberoligocänem und neogenem Alter. Ihre Mergel und Sandsteine bilden größtenteils ein wüstes, vegetationsloses Gebiet, dessen Oberfläche durch die grellen, brennenden Farben der Gesteine und durch ihre Neigung zur Verwitterung in den abenteuerlichsten Gestalten von Nadeln, Obelisken, Türmen, Zinnen, pilzartigen Gebilden ꝛc. den sonderbarsten Anblick gewährt. Es sind die „Mauvaises Terres“ der kanadischen Waldläufer und Trapper, welche für den Geologen und Paläontologen von ganz besonderm Interesse sind wegen der zahllosen Reste von Wirbeltieren und

namentlich von Säugetieren, welche sie enthalten. Besonders in der ersten Zeit, als die Aufsammlung der Fossilreste erst begonnen hatte und die seit langer Zeit ausgewitterten Stücke in Menge umherlagen, waren diese Fundstellen von einer geradezu beispiellosen Reichhaltigkeit, und sie haben hauptsächlich das Material zur Beschreibung der oberoligocänen und miocänen Formen durch Leidy und Cope geliefert. Wie schon erwähnt, steigt die Fläche des Prärielandes gegen Westen, gegen die Rocky Mountains zu, allmählich an, und die Steppe am Fuße dieser liegt in einer Höhe von etwa 1600 m; dann biegen sich am Gebirgsrande die Kreideschichten plötzlich nach aufwärts, und unter ihnen tauchen dann die ältern Schichten des Jura, der Trias und der paläozoischen Periode, endlich archäische Felsarten auf, welche die höchsten Gipfel bilden.

Der Bau der Rocky Mountains und der mit ihnen zusammenhängenden Züge ist in der Zusammensetzung der einzelnen Ketten in großen Zügen einfach gebaut, und da überdies kein reicher Pflanzenwuchs vorhanden ist, welcher die Gesteine verhüllt, so ist ein Überblick in dieser Richtung leicht zu gewinnen, ja es scheint kaum eine zweite Gegend auf Erden vorhanden zu sein, in welcher der Bau mächtiger Gebirge und die Beschaffenheit der Störungen, von welchen sie betroffen sind, mit solcher Klarheit hervortreten; die mächtigsten Bruchlinien und Verwerfungen stellen sich schon aus der Entfernung dar, als ob man die Schichtmassen mit einer feinen Säge auseinander geschnitten, gegeneinander verschoben und dann wieder sorgsam aneinander gepaßt hätte. Selbstverständlich förderte diese natürliche Beschaffenheit des Landes nicht nur das Studium der einzelnen Erscheinungen in hohem Maße, sondern sie mußte auch für die gesamte Auffassung der Gebirgsbildung fördernd wirken. In der That sehen wir gerade in den Arbeiten der amerikanischen Geologen große Fortschritte in dieser Richtung begründet, und ihre Erfolge haben auch auf die neuern Anschauungen der europäischen Forscher sehr wesentlichen Einfluß geübt. Eine besondere Eigentümlichkeit der Darstellung in den amerikanischen Werken bilden die Modellzeichnungen der Gebirge, welche durch den großartig einfachen Aufbau ermöglicht werden und das Verständnis der Vorgänge im höchsten Grade fördern. Wir haben an einer frühern Stelle eine solche Modellzeichnung der „Lakkolithen" in den Henry Mountains kennen gelernt (Bd. I, S. 179), hier mag zur nähern Erläuterung die Zeichnung betrachtet werden, durch welche Holmes den Bau und die Entstehung der Elk Mountains, einer Zweigkette des Systemes der Rocky Mountains, darstellt, und welche in der That einen außerordentlich klaren Einblick in die Verhältnisse gewährt. Von den beiden Abbildungen auf S. 716 stellt die eine (links) die Elk Mountains in der Vogelperspektive dar, jedoch in der Weise, daß nur die Schichten der obern Kreide gezeichnet sind, welche in der das Gebirge umgebenden Gegend die Oberfläche bilden und zugleich das jüngste Glied sind, welches von der Faltung noch betroffen wurde. Die ältern Massen und Schichtgesteine, in zwei großen Partien aus den Kreideschichten hervorragend, sind vollständig ausgelassen, an ihrer Stelle erscheinen tief dunkel schraffierte Vertiefungen; in Wirklichkeit erheben sich gerade hier die höchsten aus Granit gebildeten Erhebungen der Elk Mountains, nämlich Snow Maß und White Rock, deren Namen in die Abbildung eingeschrieben sind. Betrachten wir nun die Lagerung der Kreideschichten, so kann über die Art des Vorganges wenigstens in seinen Hauptzügen kein Zweifel herrschen; es hat offenbar ein von der rechten Seite (der Zeichnung) her wirkender horizontaler Druck stattgefunden, welcher die Kreideschichten zerbrach, den rechten Flügel über den linken stellenweise wegschob und eine Überkippung des letztern herbeiführte. Zur weitern Erläuterung dient die zweite Zeichnung (rechts); sie stellt zehn schematische Durchschnitte durch die Kreideschichten dar, in welchen die noch vorhandenen Teile der letztern durch dicke schwarze Striche, die durch Denudation entfernten Partien durch dünne Doppellinien angezeigt sind. Die Lage der Profillinien ist auf dem ersten Bilde durch korrespondierende Linien angezeigt.

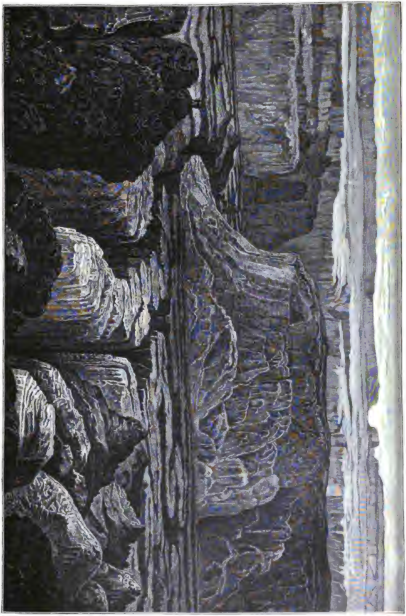
So klar in der Regel im einzelnen der Bau der Ketten im Gebirgssysteme der Rocky Mountains ist, so verwickelt ist die Anordnung der verschiedenen Ketten und Abzweigungen und der zwischen ihnen gelegenen Einsenkungen. Die Hauptkette ist ganz im Osten mit nordsüdlichem Verlaufe, und ihr gegenüber liegt als westlichstes Glied des ganzen Systemes am Ufer des Großen Salzsees von Utah das Wahsatchgebirge; vom Hauptstamme der Rocky Mountains zweigen verschiedene nach Nordwesten gerichtete Ketten ab, welche in der Richtung gegen den Wahsatch hinüberziehen, ja selbst das Uintagebirge, welches westöstlich





Links: Die überschobene Falte der Elk Mountains. — Rechts: Profile durch die überschobene Falte der Elk Mountains. (Nach Holmes.) Vgl Text, S. 715.

unter rechtem Winkel vom Wahsatch zu den Rocky Mountains hinüberzieht, scheint nur eine derartige Abzweigung von den letztern darzustellen. Das Wahsatchgebirge reicht nicht weit vom Salzsee von Utah nach Süden, es bricht schon bald ab, und an seine Stelle tritt das mächtige, von zahlreichen verwickelten Verwerfungen durchsetzte Hochplateau des Colorado, in welches sich dieser Strom seine riesige Erosionsschlucht, den Großen Cañon, eingeschnitten hat, das riesigste Flußthal der Erde, das stellenweise bis zu fast 2000 m Tiefe in die meist kahle und wüste Hochebene einschneidet (s. die Abbildungen, S. 717 u. 719). Östlich vom Wahsatch betreten wir ein durchaus andres Gebiet, das große amerikanische Becken, ein weit ausgedehntes Land ohne Abfluß der Gewässer gegen das Meer, mit zahlreichen Salzseen,



Plateauoberfläche in der Nähe des Großen Cañon. (Nach Ives.) Vgl. Text, S. 716.

Digitized by Google

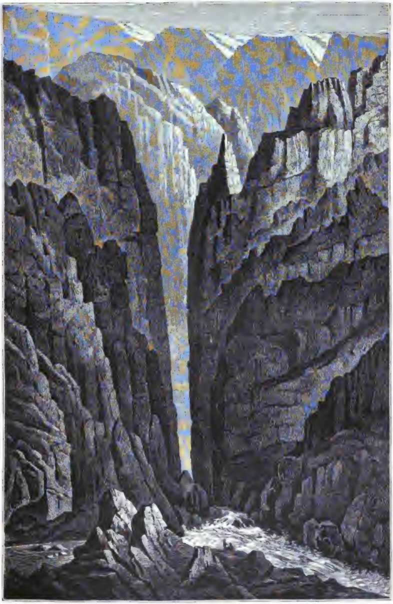
den Überresten von früher weit größern Wasserflächen der Diluvialzeit, wie wir sie früher in dem Bonneville-, Lahontam- und andern Seen kennen gelernt haben. Der ganze Bezirk trägt Steppen- und Wüstencharakter, der Boden ist großenteils von jungen Bildungen bedeckt, aus welchen eine große Zahl einzelner selbständiger, von Norden nach Süden streichender Ketten aus archäischen, paläozoischen Gesteinen emportaucht. Auch junge Eruptivgesteine treten in großen Massen auf, besonders aber schließt sich gegen Norden an dieses Becken in den Staaten Oregon, Washington und Idaho eine Region an, in welcher die vulkanischen Felsarten ein zusammenhängendes Gebiet von solchem Umfange bedecken, daß sie auf der ganzen Erde höchstens von den „Trappen" der vorderindischen Halbinsel an Masse und Ausdehnung übertroffen werden. Wie im Osten das Wahsatchgebirge, so säumt im Westen eine mächtige Bergkette, die Sierra Nevada, das große Binnenbecken ein; die Sierra Nevada übertrifft allerdings an Höhe, Ausdehnung und Bedeutung den Wahsatch sehr bedeutend, sie trägt eine bedeutende Anzahl von Gipfeln, die sich über 4500 m erheben, und stellt ein sehr bedeutendes alpines Hochgebirge dar; nach Norden setzt sie sich als Kaskadegebirge fort, und ihre Ausläufer scheinen bis in den höchsten Norden des amerikanischen Festlandes weiterzustreichen. Westlich von der Sierra Nevada folgt eine tiefe Einsenkung, das große kalifornische Längsthal, vom Sacramento durchströmt, dann folgt am Ufer des Stillen Ozeanes das Küstengebirge (Coast Range), großenteils aus flyschähnlichen Gesteinen und aus kristallinischen Schiefern in einer Weise zusammengesetzt, daß beiderlei Gebilde vollständig ineinander übergehen und eine Grenze zwischen beiden kaum gezogen werden kann; die Verlängerung des Küstengebirges gegen Süden stellt die niederkalifornische Halbinsel dar.

Von großer Wichtigkeit wäre es, die Gebirgsketten, wie wir sie im westlichen Teile der Vereinigten Staaten kennen gelernt haben, durch Mexiko weiter zu verfolgen, aber leider ist unsre geologische Kenntnis dieses Landes eine so überaus geringe, daß dies ganz unmöglich ist. Nähere Nachrichten haben wir nur über die außerordentlich entwickelten Vulkane, welche einerseits in einer die pazifische Küste begleitenden Längsreihe angeordnet sind, zu der sich als zweites Glied eine Querreihe vom Atlantischen zum Stillen Ozeane gesellt; sie beginnt im Westen mit dem Vulkane von Tuxtla und dem gewaltigen Pik von Orizaba (s. die beigeheftete Farbendrucktafel), verläuft von hier zur Stadt Mexiko, wo der Popocatepetl, der Iztaccihuatl und andre mächtige Feuerberge stehen, und erreicht den Stillen Ozean mit dem Pik von Tanzitaro. Wenn wir übrigens auch den Verlauf und Bau der Bergketten in Mexiko nicht genau kennen, so steht doch fest, daß solche das ganze Land der Länge nach durchziehen und im Süden in die zentralamerikanische Region eintreten; hier folgen sie aber nicht weiter der Längserstreckung des Landes, sondern sie nehmen in Honduras und Nicaragua die Richtung nach Osten und Ostnordosten und streichen, soweit man urteilen kann, gegen das Karibische Meer hinaus, an dem sie abbrechen. In den südlichern Teilen von Zentralamerika, in Costarica und auf dem Isthmus von Panama, tritt kein älteres Gebirge auf, man findet nur Vulkane und ihre Tuffe und junge Tertiärablagerungen. Dieses Verbindungsstück zwischen Nord- und Südamerika ist ganz jungen Alters und erst in neuester Zeit gebildet.

Die Fortsetzung des Gebirges, welches in Honduras und Nicaragua abbricht, finden wir jenseit des Meeres in einzelnen Fragmenten in dem Inselbogen der Antillen wieder, die ein echtes untergesunkenes Kettengebirge um den Kesselbruch des Karibischen Meeres bilden. Die Streichungsrichtung der Antillen macht eine vollständige Schwenkung, auf der südlichsten unter ihnen, auf Trinidad, geht dieselbe von Osten nach Westen, und die unmittelbare Fortsetzung ihrer Berge finden wir jenseit eines schmalen Meereskanales in den Kordilleren von Venezuela. Diese streichen anfangs ebenfalls nach Westen, drehen sich bei ihrem Durchtritte durch Kolumbien mehr und mehr nach Süden und gehen so allmählich in den großen

PIC VON ORIZABA (Mexiko)

Digitized by Google



Großer Cañon des Colorado. (Nach Ives.) Vgl. Text, S. 716.

Digitized by Google

Hauptstamm der südamerikanischen Anden über, welcher nach der gewöhnlichen Definition in Ecuador beginnt und von da längs der pazifischen Küste bis hinab zum Feuerlande und zum Kap Horn streicht. Auf eine eingehende Schilderung dieses riesigen Gebirges, das auf der ganzen Erde nur von dem Systeme des Himalaja übertroffen wird, können wir uns hier nicht einlassen; die Verbreitung und Beschaffenheit seiner riesigen Feuerberge wurde an einer andern Stelle besprochen (s. Bd. I, S. 251—255). Außer den jungen Vulkanen beteiligen sich an dem Aufbaue alte kristallinische Schiefer, von einigen Punkten werden paläozoische Ablagerungen mit Versteinerungen der kambrischen, silurischen, devonischen Formation und des Kohlenkalkes erwähnt, auch Trias ist vereinzelt nachgewiesen. Von ungleich größerer Verbreitung und Bedeutung aber sind die Bildungen des Jura und der Kreide; der erstere hat an einer Menge von Punkten Fossilien und namentlich Ammoniten geliefert, welche mit denjenigen Europas in auffallender Weise übereinstimmen. Auch die Kreide zeigt merkwürdige Anklänge an unsre Verhältnisse, und ihr scheinen auch die sehr verbreiteten und mächtigen flyschähnlichen Schichten anzugehören, welche in vielen Teilen der Anden eine große Rolle spielen. Von besonderm Interesse ist endlich das Auftreten ganz ungeheurer Massen von Eruptivgesteinen, deren Ausbruchszeit in den Jura und die Kreide fällt; Massengesteine dieses Alters sind bekanntlich besonders in Europa überaus wenig vertreten, und es hatte sich daher vielfach die Ansicht verbreitet, daß während der Ablagerung dieser Formationen überhaupt eine Ruhezeit der vulkanischen Thätigkeit über die ganze Erde gewesen sei. Diese Ansicht wird, wie Steinmann bemerkt, durch die Verhältnisse in den südamerikanischen Anden aufs gründlichste widerlegt. Während die nördliche und westliche Küste von Südamerika ihrer ganzen Länge nach von einem riesigen Kettengebirge eingenommen wird, zeigt der Rest des Kontinentes einen durchaus abweichenden Bau; den größten Teil seiner Oberfläche bildet die uralte brasilische Masse, ein ungeheures Gneißgebiet, auf dem nur stellenweise jüngere Binnenablagerungen und obere marine Kreide liegen, und welche durch das ungeheure Schwemmland des Amazonenstromes ausgebuchtet wird. Im Süden, in der Argentinischen Republik und in Patagonien, treten dann jene mächtigen tertiären und diluvialen Ablagerungen auf, die wir an einer frühern Stelle kennen gelernt haben, und welche vor allen durch ihre riesige und fremdartige Säugetierfauna von Edentaten, Toxodonten, Makrauchenien und Nagern ausgezeichnet ist.

Nutzbare Mineralien.

Von

Dr. Viktor Uhlig.

Nutzbare Mineralien.

In den vorhergehenden Abschnitten der „Erdgeschichte“ wurde zu wiederholten Malen des Vorkommens gewisser Mineralstoffe gedacht, die ihrer kulturellen Verwendung wegen allgemein bekannt sind. Nicht immer hat man die Ausbeutung dieser Rohstoffe in so ausgedehnter Weise betrieben, wie dies heute der Fall ist. Langsam und allmählich, wie alles organische Wachsen, hat sich aus den primitiven Zuständen der vorgeschichtlichen Zeit der hohe Kulturzustand entwickelt, in welchem sich die Menschheit heute befindet. Es gab eine Periode, die Steinzeit, wo dem Menschen, als Zeitgenossen des Höhlenbären und des Mammuts, das Verständnis für die Ausbeutung des Mineralreiches fast vollkommen verschlossen war. Verschiedene Nötigungen des Lebens, hauptsächlich der Selbstverteidigungstrieb, ließen ihn ein Material suchen, das als Waffe geeignet war. Er ersah den Stein dazu, zuerst in der Form, die ihm die Natur bot, als Wurfstein, wie er ihn abgerundet und handgerecht im Flußbette fand. Später wurden durch künstliche Beihilfe aus Feuerstein Beile, Pfeilspitzen und messerartige Waffen roh zugeschlagen, und Werkzeuge durch Anwendung des Schleifens zu vervollkommnen, bedeutete schon einen großen Fortschritt. Den Lehm verstand man schon in jener frühen Entwickelungsperiode zu mancherlei freilich recht rohen Gefäßen zu formen.

Eine etwas spätere Epoche findet den Menschen bereits im Besitze metallurgischer Kenntnisse. Wundersam aber ist es, daß es nicht ein einfaches Metall war, welches ihm zuerst bekannt wurde, sondern eine Legierung, die Bronze. Wieder etwas später erweiterte sich der Kreis der ausgenutzten Mineralstoffe durch den Hinzutritt des Eisens. Wie die berühmten Gräberfunde von Hallstatt lehren, wurden in vorgeschichtlicher Zeit auch schon Steinsalz und Sole gewonnen.

So ungefähr gestalteten sich die ersten, frühsten Fortschritte auf dem Gebiete der Verwertung des Mineralreiches in Nord- und Mitteleuropa. In andern Ländern, z. B. in Amerika, Afrika oder Ostasien, dürfte der Weg wohl ein im allgemeinen ähnlicher gewesen sein, nur müssen je nach den Landesverhältnissen mancherlei Abänderungen stattgefunden haben. Wo einzelne Mineralien in besonders auffallender Menge und in einer Form, die eine möglichst unmittelbare Verwendung gestattet, vorlagen, wie das Gold in gewissen Teilen von Afrika, Ostasien und Amerika, das Silber in Mexiko und Peru, das Kupfer am Obern See in Nordamerika, da dürfte wohl deren Benutzung früher eingetreten sein als in andern, weniger begünstigten Gebieten.

In Ostasien war die Menschheit zweifellos schon sehr frühzeitig im Besitze zahlreicher praktisch-mineralogischer Kenntnisse. Wir haben allen Grund zu der Annahme, daß es der Osten gewesen ist, von wo die am Mittelmeere wohnenden Kulturvölker des Altertumes einen Teil ihrer Kenntnisse überkommen haben. Wir wissen, daß diese Völker, die uns in ihrer Litteratur hinlänglich Material zur Beurteilung ihres Kulturzustandes hinterlassen

haben, mancherlei Industrien betrieben und bereits mehrere Metalle, wie Gold, Silber, Blei, Zinn, Kupfer, Quecksilber und Eisen, gekannt haben. Sie benutzten allerlei Schmuck- und Edelsteine, sie vervollkommten das Bauwesen durch Anwendung von Mörtelsubstanzen, sie waren Meister der Keramik und Meister im Behauen des Marmors. Erdöl und Mineralkohle waren ihnen vertraut, wenn sie auch diese Stoffe nicht in größerm Maße ausgebeutet haben. Der Bergbau wurde zwar im Altertume sehr primitiv betrieben, aber nach Kräften gefördert. Namentlich unter der Römerherrschaft kam der Bergbau sowohl in Italien als in den eroberten Provinzen zu rascher Blüte.

Nach dem Niedergange der Staaten des Altertumes gingen die kulturellen Errungenschaften der Mittelmeervölker nur zum Teile auf die zurückgebliebenen Völker des Nordens über. Nach den Stürmen der Völkerwanderung trat ein Stillstand, ja selbst ein Rückschritt in der Entwickelung der materiellen Kultur ein. Erst allmählich wurden wieder Fortschritte angebahnt, die sich namentlich an das Aufleben eines neuen Bergwerksbetriebes anknüpften. Im 7. und 8. Jahrhundert wurden in verschiedenen Teilen von Deutschland, namentlich in Tirol, zahlreiche Bergbaue gegründet, und im 10. Jahrhundert erstanden die nachmals so berühmten Harzer und im 11. Jahrhundert die sächsischen Gruben. Sächsische Bergleute zogen nach Schweden, Norwegen, Böhmen und Ungarn und erweiterten immer mehr das Gebiet gedeihlichen Bergbaues. Im 13. Jahrhundert endlich begannen die ersten Kohlenförderungen in Newcastle. Hatten die Römer ihre Baue ohne jedwede Kenntnisse über das Fortsetzen und die Form der Lager und Gänge angelegt, so wurde zur Zeit des Mittelalters schon mit größerer Umsicht und Sicherheit vorgegangen: man suchte ein Bild der jeweiligen Lagerung zu gewinnen, man war auf Verbesserung des Betriebes und Abbaues und auf Einführung maschineller Vorrichtungen bedacht. In dem Maße, als die mittelalterliche Kultur, begünstigt durch das Wiederaufleben der humanistischen Studien, sich erhob und ausgestaltete, nahm auch die Verwertung des Mineralreiches eine immer größere Bedeutung und Ausdehnung an.

Zu voller Entfaltung gelangte sie aber erst mit der allmählichen Ausbildung der Naturwissenschaften. Da erst begann an Stelle empirischer Versuche die zielbewußte, planmäßige Bewältigung und Ausbeutung der Natur, welche nach kurzer Zeit eine gänzliche Umwälzung auf dem Gebiete materieller Lebensführung zur Folge hatte. Die Geologie lehrte die Lagerungsverhältnisse verstehen und erleichterte das Aufsuchen, die Verfolgung und den Abbau der Lagerstätten nutzbarer Mineralien. Die Fortschritte der Physik und Maschinenkunde ermöglichten das Vordringen in große Erdtiefen und bewirkten eine bedeutende, fast unbegrenzte Steigerung der Produktion bei sicherer und billiger Arbeit. Die Chemie endlich brachte die Entdeckung zahlreicher neuer Grundstoffe und Verbindungen und eröffnete unausgesetzt neue Wege zu vorteilhafter Ausbringung und Verwendung der Rohstoffe. Dies hatte zur Folge, daß in der Ausnutzung der Mineralkörper und in der Vermehrung ihrer Gewinnungsorte eine Steigerung eintrat, deren Abschluß in unabsehbare Zeit hinausgerückt erscheint.

Um über die große Menge der gegenwärtig als nutzbar betrachteten Mineralien eine Übersicht zu gewinnen, wird man am besten die Art der Verwendung als Ausgangspunkt nehmen. Da diese von gewissen physikalischen und chemischen Eigenschaften der betreffenden Mineralkörper abhängt, dieselben Eigenschaften aber auch die mineralogische Anordnung beeinflussen, so werden die technologischen Gruppen teilweise auch mit den natürlichen mineralogischen Gruppen zusammenfallen. Danach lassen sich vier große Abteilungen unterscheiden und zwar 1) die Salze, Solquellen und Mineralquellen; 2) die brennbaren Mineralien, Kohlen und Kohlenwasserstoffe; 3) die metallischen Mineralien und Erze; 4) die Steine und Erden.

1. Salze, Solquellen, Mineralquellen.

Inhalt: Salz. Historisches. Entstehung der Salzlager. Salz in allen Formationen, Beispiele hierfür. Wieliczka. Siebenbürgische Salinen. Staßfurt. Alpine Salzlager. Solen. Seesalz. Salzseen der Steppengebiete. Statistisches. — Solquellen. Mineralquellen.

Das Salz ist der einzige Mineralkörper, der dem Menschen als Nahrungsmittel dient und ihm als Würze seiner Speisen unentbehrlich ist. Auch wenn uns Geschichte und Urgeschichte keine direkten Beweise für die Benutzung des Salzes in frühern Zeiten darbieten würden, so könnten wir schon aus seiner Unentbehrlichkeit auf eine frühzeitige Verwendung desselben schließen. Das Alte Testament, die Schriften griechischer und römischer Klassiker bergen in der That viele darauf Bezug nehmende Angaben, und auch die Urgeschichte liefert hierzu manche interessante Anhaltspunkte. Die alten Kulturvölker gewannen das Salz nach Herodot, Plinius, Dioskorides, Aristoteles und andern größtenteils durch Verdampfen von Meerwasser, doch verstanden sie auch Solquellen zu verwenden, und es waren ihnen manche Steinsalzvorkommnisse, wie das beim Tempel des Jupiter Ammon in Libyen, bekannt. Im Altertume haben sich namentlich die Römer als eminent bergbautreibendes Volk hervorgethan, sie erblickten in der Verwertung der nutzbaren Mineralien sowohl im eignen Lande als in den eroberten Provinzen einen wesentlichen Teil ihrer kulturellen Aufgabe. So begegnen wir vielfach Spuren altrömischer bergbaulicher Thätigkeit. In den Salinargebieten von Máros-Ujvár und Thorda in Siebenbürgen hat man alte Tagbaue[1] entdeckt, die unzweifelhaft aus der Zeit der Römerherrschaft herrühren. Die Römer suchten bei den in sehr geringer Tiefe unter der Erdoberfläche anstehenden Salzstöcken Siebenbürgens zuerst die wenig mächtige Schotter- und Dammerdedecke zu entfernen und häuften das Material am Rande des Salzstockes zu wallartigen Halden an, die zum Teile noch heute erhalten sind. Das entblößte Salz wurde nun einfach von obenher in trichterförmigen Abbauräumen gewonnen. Auf diese Weise konnte keine bedeutende Tiefe erzielt werden, und es ergab sich bald die Notwendigkeit neuer Grubenanlagen, so daß mit der Zeit die ganze Oberfläche der Salzlager durchwühlt und mit trichterförmigen Abbauen bedeckt wurde. Da in den siebenbürgischen Salinen auch Spuren mittelalterlicher Bergbaue vorhanden sind und hier wie auch in den Salzrevieren der Marmarosch in Ungarn überdies noch Stein- und Bronzewerkzeuge aus noch viel älterer Zeit aufgefunden wurden, so darf man diese Salinargebiete wohl mit zu den allerältesten Kulturpunkten zählen, an welchen der Mensch seit vielen Jahrhunderten eine nahezu ununterbrochene industrielle Thätigkeit ausübt.

Auch unsern Vorfahren, den Kelten und Germanen, war die Salzgewinnung keineswegs fremd. Sie erzeugten das Salz in sehr primitiver Weise, indem sie salzhaltige Lösungen aus ausgelaugter Pflanzenasche, Meerwasser oder Sole auf glühende Kohlen gossen und so verdampfen ließen. Sie erzielten dadurch ein schwarzes, unreines Salz, das seines Aschengehaltes wegen einen beißenden Beigeschmack hatte. Der Besitz von Solquellen war für sie von so großer Wichtigkeit, daß er sogar Veranlassung zu blutigen Kriegen gab. Einen sehr ausgedehnten Salzbergbau scheinen namentlich die Kelten getrieben zu haben. Schon das häufige Vorkommen des angeblich keltischen Wortstammes „hal" in Bezeichnungen für salzreiche Orte deutet darauf hin. Die uralten Gebräuche, Gerechtsame und Spracheigentümlichkeiten der Genossenschaft der Salzarbeiter in Halle an der Saale,

[1] Tagbau ist die Art Bergwerksbetrieb, welche bei geringer Mächtigkeit der bedeckenden Schicht von oben, von Tage aus, beginnt.

der sogenannten Halloren, werden von den meisten Forschern ebenfalls als Überreste aus keltischer Zeit gedeutet. Die berühmten Gräberfunde von Hallstatt, die Funde am Dürenberge bei Hallein beweisen, daß in den Nordostalpen eine reiche Bevölkerung in vorrömischer Zeit Salzbergbau getrieben und aus der Salzgewinnung so große Vorteile gezogen habe, daß ein weitgehender Luxus und selbst Kunstliebe zu gedeihlicher Entfaltung gelangen konnten.

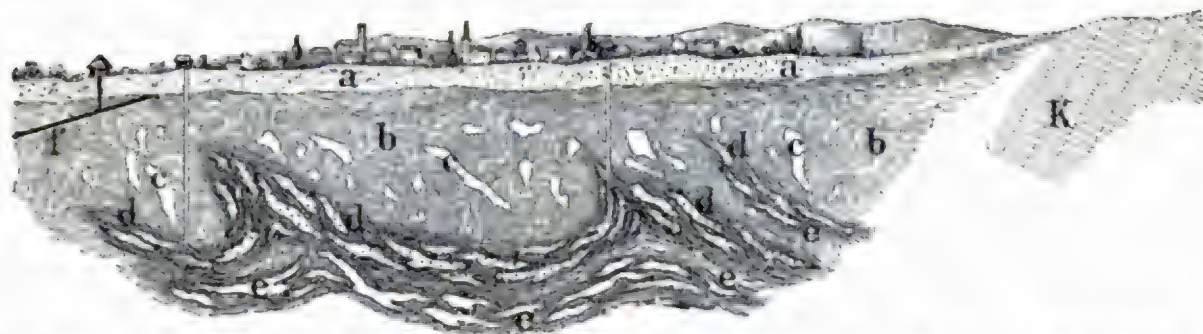
So uralt nun auch die Auffindung, Verwendung und Erzeugung von Kochsalz ist, so konnte seine eigentliche chemische Natur doch erst im Anfange dieses Jahrhunderts erkannt werden, als Davy im Jahre 1810 zu zeigen vermochte, daß das Salz aus Chlor und Natrium (im Verhältnisse von 60,7 Chlor und 39,3 Natrium) zusammengesetzt ist. Wo es Gelegenheit hat, in Drusenräumen frei auszukristallisieren, nimmt es die Form von regelmäßigen Würfeln an; im reinen Zustande wasserhell, bekommt es, mit Thon verunreinigt, graue Färbung und kann ausnahmsweise selbst blau oder rötlich gefärbt erscheinen. Das Salz ist auf der Erde außerordentlich weit verbreitet; die unerschöpfliche Vorratskammer desselben bildet das Meer. Zwar findet man es wohl auch an den Aschenkegeln von Vulkanen, wo es nach Eruptionen in gasförmigem Zustande ausströmt und in Kristallform zum Niederschlage kommt, doch ist die Menge dieses vulkanischen Salzes eine verschwindende gegen den unendlichen Salzreichtum des Meeres.

Unter welchen Umständen es geschehen kann, daß sich an gewissen Stellen aus dem Meere Salzlager absetzen, wurde schon im ersten Bande (S. 153—160) ausführlich auseinandergesetzt. Nur um den Zusammenhang der Darstellung aufrecht zu erhalten, muß das Wichtigste darüber hier kurz wiederholt werden. Salzlager können sich im offenen Meere nicht bilden, ebensowenig können sie durch völliges Austrocknen gänzlich vom Meere abgetrennter Buchten entstanden sein, da die Salzmenge, die in letzterm Falle zum Absatze gelangen könnte, viel zu gering ist, um mit den bekannten Salzlagern verglichen werden zu können. Dagegen können die mächtigsten Salzlagerstätten in genügend tiefen Buchten gebildet worden sein, welche durch eine Barre vom offenen Meere teilweise abgetrennt waren. Eine derartige Barre, wie sie z. B. bei der großen Salzpfanne des Kaspisees, dem Kara Bugas, besteht, muß den Zutritt der Flut in das Becken gestatten und zugleich den Rückfluß der schweren Mutterlauge ermöglichen. Weitere Bedingungen der Salzbildung sind ferner trocknes Klima und Süßwasserarmut der Umgebung des betreffenden Salzbusens. Da sich diese Bedingungen zu allen Zeiten, in allen Perioden der Erdgeschichte wiederholt haben können, so finden wir das Steinsalz auch thatsächlich in allen Formationen der Erdrinde und in allen Weltteilen. Zuweilen kann man sogar die Wahrnehmung machen, daß gewisse Gebiete während der Zeit mehrerer Formationsstufen, ja Formationen hindurch besonders günstige Bedingungen für die Salzbildung dargeboten haben. So haben in Deutschland von der Zeit des obern Zechsteines bis zum Schluß der jüngsten Triasstufe der Salzbildung günstige Verhältnisse geherrscht, in den Karpathen finden sich Salzspuren in der Kreideformation, zahlreiche Solen im Alttertiär und mächtige Salzlager im jüngern Tertiär.

Zu den geologisch ältesten Salzvorkommnissen gehören die Solen, die man im Untersilur der Umgebung von St. Petersburg kennt; im Obersilur weist Nordamerika Salz auf, wo in Salina und Syracuse (Onondagadistrikt, New York) mächtige Solen, zu Goderich in Kanada Salzbänke von 14 bis 40 Fuß Dicke vorkommen. Die Devonformation enthält Salz in den baltischen Provinzen und in China, die Steinkohlenformation im Saginawdistrikte im Staate Michigan in Nordamerika und in England. Die Permformation liefert Salz in den russischen Gouvernements Perm und Jekaterinoslaw, in Deutschland zu Artern, Staßfurt, Heinrichshall, Welfisholz und an andern Orten. Paläozoischen Alters sind ferner die großartigen Salzlager der Salt Range von Pendschab in Ostindien, die schon seit uralter Zeit im Abbaue stehen.

Unter den mesozoischen Formationen ist am salzreichsten die Trias, welche in Deutschland in allen Unterstufen, im Buntsandstein (Schöningen, Liebenhalle, Hammersheim, Sulza, Salzungen 2c.), im Muschelkalk (Friedrichshall, Schwäbisch-Hall, Lüneburg 2c.) und im Keuper, Salz führt. Die bekannten alpinen Salzlagerstätten von Ischl, Hallein, Aussee, Berchtesgaden gehören der untern Trias an. Die Salzlager von Frankreich (Salins) und Lothringen (Vic) befinden sich im Keuper, und die großen englischen Salzablagerungen der Grafschaften Nottingham, Derby, Stafford 2c. sind ebenfalls triadischen Alters. Die Jura- und Kreideformation dagegen sind auffallend salzarm. Zur letztern zählt man gewisse Salzvorkommnisse von Algerien und eine Reihe von Solquellen in Westfalen (Königsbau Neusalzwerk, Werl 2c.).

Zahlreiche höchst wichtige Salzlager gehören endlich den tertiären Formationen an. Als Beispiel eines alttertiären Salzvorkommens mag der berühmte Salzberg von Cordona in Katalonien dienen, der eine steile, etwa 95 m hoch aus Nummulitenschichten frei aufragende Salzmasse bildet und schon seit Jahrhunderten abgebaut wird. Noch salzreicher



Durchschnitt durch das Salzlager von Wieliczka: a Alluvium und Diluvium — b Salzthon — c Grünsalzkörper — d Spiza-Salz — e Szybiker Salz — f Gips — K Karpathensandstein, kretacisch und alttertiär. Vgl. Text, S. 728.

ist das jüngere Tertiär oder Miocän, dem die altberühmten karpathischen Lager in Galizien, Ungarn, Siebenbürgen und Rumänien sowie gewisse Lagerstätten in Südrußland, in Persien und Sizilien angehören.

Der althistorische Ruf der karpathischen Salzlager rechtfertigt es, wenn wir uns an erster Stelle etwas eingehender mit ihnen beschäftigen. Der Nordrand der Alpen und Karpathen wird von einem fast kontinuierlichen schmalen Bande von Miocänablagerungen, meist schieferigen und sandigen Thonen, begleitet, welche sich bis weit nach Rumänien hinein verfolgen lassen und vielerorts durch Salzreichtum ausgezeichnet sind. Von den Karpathen, die wie die Alpen zur Miocänzeit bereits ein gehobenes Gebirge darstellten, war auch der südliche Innenrand vom Miocänmeere bespült, und es bildeten sich auch da ausgedehnte Salzlager. Zwar im ober- und niederösterreichischen, mährischen und schlesischen Anteile der eben erwähnten Miocänzone kam es nicht zu ausgedehnten Salzablagerungen, aber einzelne Solen und Jodquellen und zahlreiche Gipsvorkommnisse deuten darauf hin, daß hier wenigstens ähnliche, die Dissociation des Meerwassers begünstigende Verhältnisse geherrscht haben wie weiter östlich in Galizien, in Siebenbürgen und im östlichen Ungarn, wo eine Reihe großer Salzlager zur Bildung gelangt ist.

Das bekannteste derselben ist wohl das von Wieliczka bei Krakau, das sicher seit dem 11. Jahrhundert und wahrscheinlich schon früher in regelmäßiger Weise abgebaut wurde. Unter einer wenig mächtigen Decke von Dammerde und Diluvialbildungen folgt der miocäne bläuliche, ungeschichtete Tegel, der schon bei 20 m Tiefe eine leichte Imprägnation mit Salz erkennen läßt. Mit zunehmender Tiefe wächst auch der Salzgehalt, und in dem mit Salzbrocken angereicherten Salzthone treten zahlreiche stockförmige, bald kubische, bald

langgestreckte, grobkristallinische Salzkörper auf, welche die verschiedensten Größen bis zu einem Körperinhalte von mehreren Tausend Kubikmetern aufweisen (s. Abbildung, S. 727) und ihrer grünlichgrauen Färbung wegen den Namen Grünsalzkörper erhalten haben. Die darunter befindlichen Teile des Salzlagers unterscheiden sich von der obern Region sehr wesentlich durch die deutliche Schichtung, welche sowohl an den Salzflözen als an den zwischenliegenden tauben Gesteinen beobachtet werden kann.

Die Salzflöze, die oft auf weite Strecken hin anhalten, verzweigen sich zuweilen oder keilen sich aus, um in einiger Entfernung von neuem anzusetzen. Sie sind durch taube Gesteine getrennt, welche hauptsächlich aus Salzthon mit zahlreichen Platten und Bändern von Anhydrit, seltener Gips[1], und aus Salzsandstein bestehen.

Die Salzflöze sind in zwei Zonen angeordnet, die obere enthält das sogenannte Spiza-Salz[2], ein mittelkörniges, mit feinen Sandkörnern verunreinigtes Salz, welches bis zu 20 m mächtige Flöze bildet, die untere das Szybiker (Schacht-) Salz. Das letztere zeichnet sich durch hochgradige Reinheit aus, bildet aber nur Flöze von 2 bis 8 m Mächtigkeit. Ihre Lagerung gleicht in großen Zügen fast zwei versteinerten, flachen Meereswellen, deren Rücken sich ausgedehnt und zipfelförmig zugespitzt haben. Das Liegende der Szybiker Flöze wird aus Anhydrit, Salzthon und Salzsandstein gebildet und wurde noch nicht durchfahren, da aus demselben zu wiederholten Malen Süßwasser in so großer Menge ausgetreten ist, daß der Grubenbau dadurch in hohem Grade gefährdet wurde.

Kaum enthält ein zweites Salzlager so zahlreiche Versteinerungen wie das von Wieliczka, welches dadurch schlagend seine Entstehung aus dem Meere erweist. Häufig sind wohl nur die mikroskopischen Schälchen von Foraminiferen, doch sind auch zahlreiche Arten von Mollusken, einzelne Krustaceen, Bryozoen und eine Einzelkoralle nachgewiesen worden. Nicht selten stößt man auf Reste von Landpflanzen, die von den benachbarten Küstengegenden eingeschwemmt wurden.

Die große Mächtigkeit der Salzkörper oder -Lager, die bedeutende Trockenheit und Festigkeit des Gebirges, die in der vollkristallinischen Ausbildung des Salzes ihren Grund hat, bedingen ganz eigenartige, für den Salzbergbau bezeichnende Abbaumethoden. Die Salzkörper werden bis auf eine dünne, der Festigkeit wegen zurückgelassene Kruste nach allen Richtungen hin abgebaut, so daß dadurch riesige, in Wieliczka „Kammern“ genannte Hohlräume entstehen. Da sich der alte Bergbau in Wieliczka zuerst den Grünsalzkörpern der obern Region zugewendet hatte, so erscheint gegenwärtig der größte Teil derselben bereits abgebaut, und es legen nur noch die zahlreichen großen, bis zu 95 m hohen Kammern in den obern Horizonten der Wieliczkaer Grube Zeugnis ab von dem ehemaligen Salzreichtume. Manche Kammern standen mehr als ein Jahrhundert in Betrieb, wie die Kammer Michalowice, aus welcher vom Jahre 1717 bis 1861 Salz gefördert wurde. In den tiefern Horizonten nehmen die Kammern, angepaßt an die mehr flächenartige Entwickelung der Salzflöze, eine geänderte, niedrigere Form an. Der Abbau selbst geschieht durch die Ablösung großer Wandflächen, welche durch Längs-, Firsten- und Sohlenschramme umgrenzt, durch seitlich eingetriebene eiserne Keile von der Unterlage teilweise abgelöst und endlich mit einer buchenen Stange gänzlich abgehoben werden (s. Abbildung, S. 729). Auf diese Weise werden nach allen Richtungen des Abbauraumes hin große Salztafeln gewonnen, welche dann zerkleinert und in verschiedenen herkömmlichen Formen in den Handel gebracht werden.

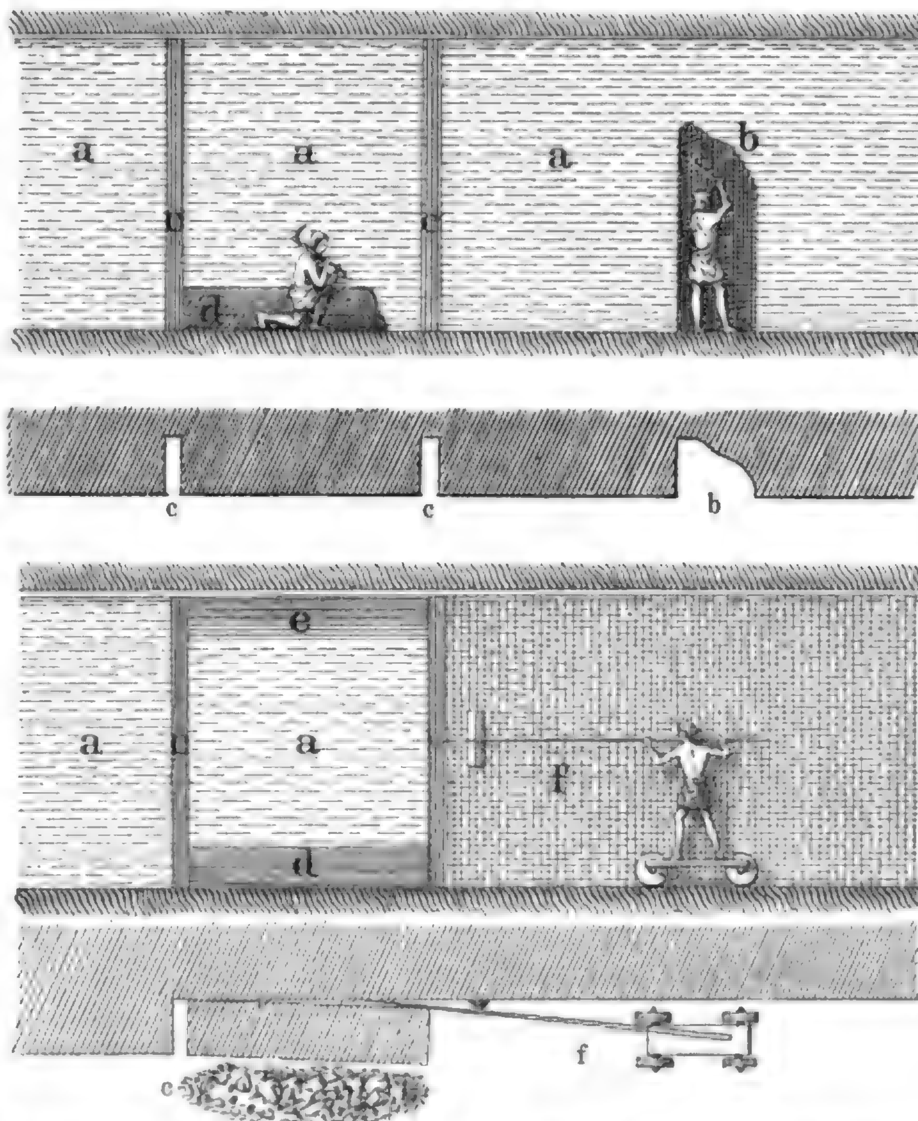
Interessant ist der Umstand, daß der Kammerbau, wie wir ihn in Wieliczka kennen gelernt haben, auch bei außereuropäischen Salzlagern in gleicher Weise in Anwendung

[1] Über das Verhältnis von Anhydrit und Gips s. Band I, S. 156.

[2] Spiza, d. h. Zips, weil nach Wieliczka berufene Zipser Bergleute dieses Salz erschlossen haben.

kam. So wissen wir durch die ostindischen Geologen, daß sich die Hindu schon lange vor der Besitznahme des Landes durch die Europäer in den ausgedehnten Salzlagern der Salt Range des Kammerbaues bedienten und dabei innere Hohlräume erzeugten, welche die vielfach bewunderten Kammern von Wieliczka an Großartigkeit weit übertreffen.

Wenden wir uns von Wieliczka nach Osten, so tritt uns im benachbarten Bochnia das nächste Salzvorkommen entgegen, wo mehrere Salzflöze im Gegensatze zu der verhältnismäßig flachen Lagerung von Wieliczka sehr steil nach Süden einfallen und eine viel geringere Mächtigkeit und Reinheit besitzen als an dem erstgenannten Orte. In Ostgalizien und in der Bukowina sind großartigere Salzlager selten, dagegen erscheint daselbst eine Unzahl (über 200) ergiebiger Solen, welche über die ganze Miocänzone verstreut sind. Nur eins unter den ostgalizischen Salzlagern kann eine erhöhte Aufmerksamkeit beanspruchen, nämlich das von Kalusz, welches neben Steinsalz mächtige Lagen und Linsen von Sylvin (Chlorkalium) und Kainit enthält. Die große Bedeutung dieser Salze sowohl für die Industrie als auch unsre theoretischen Anschauungen über die Entstehung der Salzlager wird bei der Besprechung des Staßfurter Lagers eingehender gewürdigt werden. In Kalusz haben diese Salze bisher noch nicht jene intensive Ausnutzung und Verarbeitung erfahren, deren sie fähig und würdig wären.

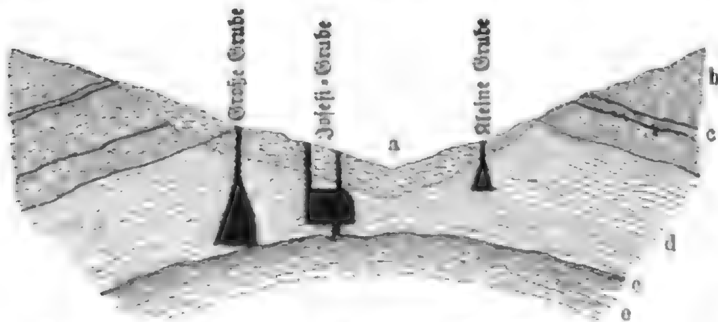


Abbauweise in Wieliczka: a Salztafeln — b der sogenannte Einhau — c Längsschramm — d Sohlenschramm — e Firstschramm — f Abhebestange. Vgl. Text, S. 728.

Auf der Südseite des Karpathenbogens nehmen in erster Linie die siebenbürgischen Salzlager durch ihre schon oben berührte Geschichte, ihre Größe und ihr geologisches Verhalten die Aufmerksamkeit in Anspruch. Ein förmlicher Ring von einzelnen Salinarvorkommnissen, der nur auf der Südseite erhebliche Unterbrechungen erleidet, umzieht den Innenrand des siebenbürgischen Beckens. Das Salz ist hier nicht, wie gewöhnlich, in flächenartig ausgebreiteten Lagern entwickelt, sondern erscheint in Form mächtiger, vielfach in sich

zusammengeknickter kubischer „Stöcke" von riesiger Größe. Gerade das hier untenstehend abgebildete Vorkommen von Deesackna macht hiervon eine Ausnahme, da es die ursprüngliche Lagerform noch deutlich erkennen läßt. Auch die Salzstöcke waren ursprünglich Lager und dürften erst infolge späterer Zersetzungen und Umlagerungen, die im Innern der Salzmasse vor sich gingen und mit Volumvergrößerung verbunden waren, die Stockform angenommen haben. Mit dem Salze sind auch hier, wie allenthalben, Gips und Anhydrit in Verbindung. Als Begrenzung der Salzstöcke treten Salzthone auf, welche hier häufig Trachyttuffe enthalten, von vulkanischen Eruptionen herrührend, die zur Miocänzeit in Siebenbürgen wie in Ungarn eine so bedeutende Rolle gespielt haben.

Riesig, wie die Dimensionen der Salzstöcke, sind auch die glocken- oder pyramidenförmigen Abbauräume, die man im Innern derselben angelegt hat. Man baut von Tage aus einen engen Schacht in das feste Steinsalz und geht in demselben noch eine Strecke weit fort, um den künftigen Bau durch eine Steinsalzdecke vor Einsturz zu sichern. Nach abwärts wird nun der Raum nach allen Richtungen immer mehr erweitert, bis endlich kolossale kegel- oder pyramidenförmige Hallen entstehen (s. nebenstehende Abbildung), die nach außen nur durch den an der Spitze der Kammer befindlichen Schacht kommunizieren. Diese Hallen, in ihren Ausmaßen noch großartiger als die Kammern Wieliczkas, können eine Höhe von 150 m erhalten und dabei eine Grundfläche von 3000 bis 4000 qm aufweisen. In neuerer Zeit legt man keine Glocken- oder Kegelbaue mehr an, sondern gibt den Abbauhallen eine cylindrische oder prismatische Form, um sofort eine größere Abbaufläche zu bekommen. Nicht selten vereinigt man zwei angrenzende Kammern zu einer einzigen. Die Art des Abbaues ist eine ganz ähnliche wie in Wieliczka. Der Salzabbau wird gegenwärtig hauptsächlich in den Salinen Parajd, Deesackna, Thorda, Máros-Ujvár und Vizackna betrieben und zwar am lebhaftesten in Máros-Ujvár, wo jährlich an 700,000 Zentner gewonnen werden. Als den mächtigsten Salzstock betrachtet man den von Parajd, welcher eine Maximallänge von 2300 m, eine Maximalbreite von 1700 m und eine aufgeschlossene Tiefe von 180 m aufweist und mit nackten Salzfelsen zu Tage ausgeht. Ähnliche Verhältnisse wie die Salinen Siebenbürgens bieten auch die namentlich im Komitate Marmarosch gelegenen Salzlager Oberungarns dar.



Salzlager von Deesackna, Siebenbürgen. (Nach Posepny.)
a Plastischer Thon — b Salzthon — c Tuff — d Salzmasse — e Gips und Tuff.

Noch reicher und großartiger als die tertiären Salzlager der Karpathenländer sind die triadischen Salzvorkommnisse, mit welchen Deutschland gesegnet ist. Die wichtigsten von ihnen wurden erst in neuerer Zeit durch zahlreiche Tiefbohrungen, namentlich in der norddeutschen Ebene, nachgewiesen, da man sich früher meist mit der Erzeugung von Sudsalz aus den vorhandenen Solen begnügte. In den mehr gebirgigen südlichern Teilen Deutschlands boten zunächst einzelne Gipsvorkommnisse, die wir ja als stete Begleiter des Salzes kennen, sowie zahlreiche Solquellen die Veranlassung, um Tiefbohrungen auf Steinsalz zu versuchen, die denn auch thatsächlich an vielen Punkten von Erfolg begleitet waren, so im Muschelkalke bei Erfurt, Stotternheim, Buffleben, an der Grenze zwischen Buntsandstein und Zechstein in Staßfurt, Schönebeck und Egeln, im Zechsteine bei Artern und Köstritz. Nach diesen Erfolgen wandte man sich der norddeutschen Ebene zu, und auch da gelang es, großartige Ergebnisse zu erzielen. Bei Sperenberg, etwa 5 Meilen südlich

von Berlin, erreichte man in einer Tiefe von 89 m das Steinsalz und hatte dasselbe bei 1273 m noch nicht durchbohrt, so daß das Salz hier eine Mächtigkeit von mehr als 1184 m besitzt. Die Bohrung mußte technischer Schwierigkeiten wegen eingestellt werden, ohne daß man das Liegende des Salzlagers erreicht hätte. Wenn man nun auch annimmt, daß vielleicht infolge geneigter Stellung des Lagers die wirkliche Mächtigkeit etwas geringer ist, so ist sie in jedem Falle doch eine so enorme, daß hierdurch alle bisher bekannten Salzlager in Schatten gestellt werden. Ähnliche Salzreichtümer erbohrte man auch an andern Punkten, wie in Segeberg bei Hamburg, in Inowrazlaw im Posenschen, zu Lübtheen in Mecklenburg-Schwerin.

Von allen Salzlagern Deutschlands ist das von Staßfurt zur größten Berühmtheit gelangt; es zeichnet sich sowohl durch seine Mächtigkeit und Ausdehnung als durch chemische Mannigfaltigkeit aus, welch letztere sowohl eine rasch aufblühende chemische Großindustrie zur Folge hatte, als auch in wissenschaftlicher Beziehung das größte Interesse hervorrief. In der Staßfurt-Egelnschen Mulde liegt zu unterst Steinsalz in geneigter Schichtstellung mit einer bekannten Minimalmächtigkeit von über 300 m (s. Abbildung, S. 732). In seinen obern Lagen weist das Steinsalz einen allmählich nach oben wachsenden Gehalt von Polyhalit auf, einer Salzverbindung, die aus 45,2 Prozent Calciumsulfat, 19,9 Prozent Magnesiumsulfat, 28,9 Prozent Kaliumsulfat besteht. Diese obere Zone des Staßfurter Salzlagers führt deshalb die Bezeichnung Polyhalitregion. Darüber folgt eine Zone, in welcher Bittersalze vorherrschen, die sogenannte Kieseritregion, und den Beschluß bildet die Karnallitregion oder die sie örtlich vertretende Kainitregion. Die Mineralien, welche sich an der Zusammensetzung dieser obersten Zonen beteiligen, sind neben dem Chlornatrium hauptsächlich wasserhaltiges Bittersalz oder Kieserit ($MgSO_4.H_2O$), Karnallit ($KCl.MgCl_2.6H_2O$ mit 26,8 Chlorkalium, 34,2 Chlormagnesium und 39 Wasser) und Kainit ($KCl.MgSO_4.3H_2O$ mit 32,2 Schwefelsäure, 16,1 Magnesia, 15,7, Kalium 14,3 Chlor und 21,7 Wasser).

Die Kieseritregion besteht aus ungefähr 65 Prozent Kochsalz, 17 Prozent Kieserit und 13 Prozent Karnallit, während die Karnallitregion nur noch 25 Prozent Kochsalz, 16 Prozent Kieserit und 55 Prozent Karnallit, beziehentlich Kainit enthält. Über der Karnallit- oder Kainitregion breitet sich eine schmale Lage von Salzthon aus, gefolgt von einer mächtigen Entwickelung von Anhydrit. Die Decke des Salzlagers bilden sodann gleichgelagerte Lettenschiefer, Sandsteine und Kalksteine der untern Trias (Buntsandstein).

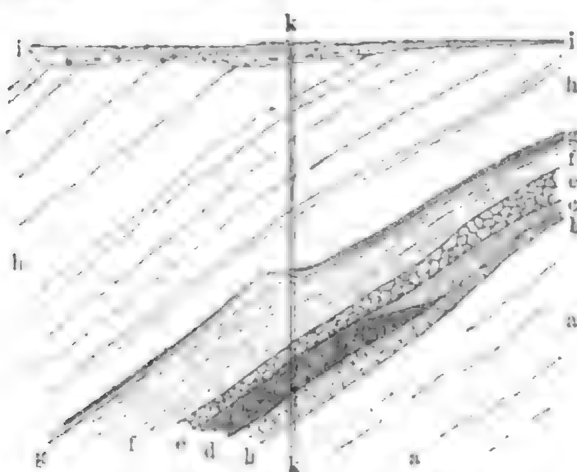
Die chemische Zusammensetzung der mannigfaltigen Verbindungen, welche die obersten Regionen des Staßfurter Salzlagers bilden, stimmt gänzlich überein mit den sogenannten Mutterlaugensalzen, welche beim Verdampfen des Meerwassers nach vollzogenem Absatze der Hauptmasse von Kochsalz zurückbleiben. Das reiche Salzlager von Staßfurt enthält also nicht nur Kochsalz, sondern auch die Salze der Mutterlauge, die nur schwer und unter besondern Verhältnissen zum Fällen und Festwerden gebracht werden können und, wenn einmal gebildet, wegen ihrer hohen Lösbarkeit sehr leicht neuerlichen Zersetzungen und Auflösungen unterworfen sind. Meistens entbehren denn auch die Salzlager einer derartigen Decke von Bitter- und Kalisalzen, hier aber hat uns die Natur einen Fall vorgeführt, an welchem die Bildung von Steinsalzlagern in voller Regelmäßigkeit und Reinheit verfolgt und auch das Ergebnis der letzten Phase der Salzbildung in gesetzmäßiger Lagerung beobachtet werden kann.

Eine andre, wenn auch weit weniger wichtige Erscheinung ist in Staßfurt unter dem Namen der „Jahresringe" bekannt. Die Hauptmasse des Steinsalzes wird nämlich durch dünne Anhydritbänkchen in parallele Platten von 3 bis 16 cm Dicke zerlegt, was man wohl mit Recht mit periodischen Überflutungen in ursächlichen Zusammenhang bringt. Ob aber die zwischen je zwei Anhydritschnüren eingeschlossene Steinsalzpartie thatsächlich das

Produkt eines einzigen Jahres bildet, wie dies der Name andeutet, läßt sich nicht mit voller Sicherheit erweisen.

Für die Erhaltung der obersten Regionen des Salzlagers, welche übrigens in Übereinstimmung mit unsern Beobachtungen beim Verdampfen des Meerwassers nicht scharf voneinander geschieden sind, war es von Bedeutung, daß nach Absatz der Mutterlaugensalze eine abermalige Meeresbedeckung eintrat. Dadurch wurde nämlich eine Decke von Salzthon und Anhydrit gebildet, welche die Mutterlaugensalze vor nachträglicher Auflösung geschützt hat. Nicht alle Punkte der etwa 25 Quadratmeilen umfassenden Staßfurt-Egelnschen Mulde sind gleich stark mit Kalisalzen versehen, sie fehlen an einzelnen Stellen ganz oder sind mindestens nicht in bauwürdiger Menge vorhanden.

Den industriellen Wert der Mutterlaugensalze hatte man anfangs unterschätzt; man betrachtete sie lange Zeit als lästige Begleiter des gesuchten Steinsalzes und nannte sie nach ihrer Lage über dem Steinsalze „Abraumsalze“. Bald aber, im Jahre 1861, blühte auf Grundlage derselben mit jener Raschheit, welche die großen industriellen Unternehmungen der Gegenwart auszeichnet, eine mächtige chemische Großindustrie auf, welche Chlorkalium und alle Arten von Kalipräparaten für Gewerbe, Hauswirtschaft und Medizin sowie namentlich große Mengen von Kalidünger, ferner Magnesia- und Natronsulfat herstellt. Von dem hohen ökonomischen Werte der Abraumsalze gibt die Thatsache eine Vorstellung, daß der aus denselben erzielte Gewinn die gesamten Kosten des Staßfurter Salinarbetriebes deckt, so daß der für das geförderte Steinsalz erzielte Preis zugleich den Reingewinn repräsentiert. Außer den angeführten Salzen und denjenigen, welche aus ihnen durch chemische Umlagerungen hervorgegangen sind, finden sich in den Lagern von Staßfurt noch zahlreiche andre Mineralstoffe. Von diesen sind jedoch nur Bor und Brom reichlich genug, um eine Gewinnung zu ermöglichen.



Salzlager von Staßfurt. (Nach Ochsenius.)
a Steinsalz — b Kieserit — c Kainit — d Karnallit — e Salzthon — f Anhydrit — g fester Gips — h roter Thon, Lettenschiefer, Sandstein, Rogenstein — i Diluvium — k k' Schacht von der Heydt. Vgl. Text, S. 731.

Einen ganz andern Typus stellen die altberühmten, schon in prähistorischer Zeit ausgebeuteten Salzlagerstätten im Salzkammergute und in den Bayrischen und Tiroler Alpen dar. Sie gehören der untern Abteilung der Triasformation, den Werfener Schiefern, an und enthalten nur selten größere reinere Partien von Steinsalz. Meistens ist der Salzgehalt in einem Thone verteilt, der außerdem noch Gips, Anhydrit, Polyhalit, Kieserit und Blödit enthält und Haselgebirge genannt wird. Die auflösende Kraft des Wassers wird von der menschlichen Thätigkeit bei Gewinnung dieser Salze zu Hilfe gerufen. Im Innern der Salinen werden Hohlräume, Wehren genannt, vorgerichtet und das Wasser hereingeführt. Hier löst es die Salze und nimmt sie auf. Das so gewonnene Wasser wird nun gradiert, d. h. es wird gezwungen, an Dornwänden langsam herabzutropfen, wobei es durch die Einwirkung von Luft und Sonne zum großen Teile verdampft. Infolgedessen kann sich Kalk-Carbonat und -Sulfat nicht mehr in Lösung erhalten, sondern fällt als Dornstein auf den Dornreisern nieder. Die konzentrierte Sole wird nun in die Sudhütten geführt und auf großen Pfannen zu Sudsalz eingedampft.

Nächst der Erzeugung von Sudsalz aus Sole und der Gewinnung von Steinsalz kennt und benutzt der Mensch noch andre Methoden zur Herstellung von Kochsalz, er scheidet

es aus dem Meerwasser ab und erhält es aus abflußlosen Salzseen. Die Erzeugung von Seesalz ist auf der freiwilligen Verdunstung des Meerwassers begründet, welche in besonders eingerichteten flachen Teichen, den sogenannten Salzgärten, erfolgt. Seesalz wird daher zumeist nur in wärmern Gegenden, wie in Südfrankreich, Spanien, Portugal, Italien, Istrien und Dalmatien, erzeugt, in kalten, küstennahen und steinsalzarmen Landstrichen bedient man sich wohl auch zur Erzeugung von Kochsalz des Seewassers, aber nur in untergeordnetem Maße. Man hilft sich dann durch künstliches Versieden des Meerwassers, welches man aber vorher durch „Gradieren" oder Ausfrierenlassen des Wassers in Eisform konzentrierter gemacht hat, wie dies z. B. in Sibirien üblich ist.

Eine wichtige Rolle als Salzspender spielen die abflußlosen Salzseen der Steppenregionen. Schon im ersten Bande (S. 157—161) wurde auseinandergesetzt, daß es gewisse Steppengebiete gibt, wo die orographischen Verhältnisse den Abfluß der Gewässer in das Meer nicht gestatten. Es bilden sich daher an den tiefsten Stellen solcher Gegenden abflußlose Seen. In diese letztern bringen die einmündenden Flüsse stets gewisse Mengen von verschiedenen Salzen, die sie in ihrem Flußgebiete gelöst hatten. Bei trocknem Steppenklima häufen sich diese Salze infolge der fortwährenden Verdunstung so sehr an, daß sie schließlich dem betreffenden See den Charakter eines Salzsees erteilen. Oft entstehen derartige Salzsteppen auf altem, gehobenem und seit längerer Zeit trocken stehendem Meeresboden, wie die Salzsteppen der aralo-kaspischen Niederung. Zuweilen sind die Quellen, denen die betreffenden Zuflüsse ihren Salzreichtum verdanken, direkt nachweisbar; so weiß man z. B., daß die Flüsse, welche den berühmten Eltonsee, den Bogdo- und Inderskischen See in der kaspischen Niederung mit Salz anreichern, dieses zum größten Teile dem tertiären Salzgebirge Tschaptschatschi entnehmen. Der Salzgehalt der abflußlosen Seen ist sowohl nach Quantität als Qualität sehr verschieden, da er von der Beschaffenheit des jeweiligen Zuflußgebietes abhängt. Wohl am großartigsten zeigt sich die Erscheinung der abflußlosen Seen in Innerasien, im südeuropäischen Rußland und den Staaten Kalifornien, Utah und Nevada im Westen von Nordamerika; hier ist denn auch die Salzausbeute eine bedeutende.

Rußland deckt einen großen Teil seines Salzkonsums durch das Steppensalz des Elton- und namentlich des Baskuntschaksees. Beide gehören der kaspischen Niederung an, wo man mehr als 2000 solcher Salzseen kennt. Am Boden des seichten Eltonsees setzen sich alljährlich während des Sommers Lagen von kristallisiertem Kochsalze ab, welche von einzelnen Thon- und Schlammschichten getrennt werden. In Südrußland gewinnt man aus den Steppenseen reines kristallisiertes Steinsalz durch Ausbrechen der Salztafeln, während anderwärts der mit Salzen gesättigte Seeboden ausgelaugt, d. h. das Salz durch Verdunstung der Lauge erzeugt, wird. So berichtet Baron Richthofen, daß die Chinesen in der Umgebung des großen Salzsumpfes Lutsun (Provinz Schansi) im ehemaligen, nunmehr trocknen Seeboden große Becken künstlich ausheben, die sich darin ansammelnde Lauge herausschöpfen und der Verdunstung unterziehen. Die Gesamtproduktion von Lutsun ist eine sehr bedeutende, da eine Bevölkerung, doppelt so zahlreich wie die von Deutschland, von Lutsun aus mit Salz versehen wird. Freiherr v. Richthofen macht es wahrscheinlich, daß die beschriebene Methode der Salzgewinnung eine uralte ist und schon seit Jahrtausenden eine reiche Bevölkerung ihren Salzbedarf von Lutsun bezogen hat.

So sehen wir denn, daß die Natur dem Menschen reiche Quellen und vielfache Möglichkeiten geboten hat, um sich die wichtigste Würze der Nahrung, das unentbehrliche Salz, zu beschaffen. Das reiche Vorkommen dieses Minerales ermöglicht, daß auch die Industrie ihren Nutzen daraus ziehen und die Landwirtschaft es in mannigfaltige Verwendung bringen kann. Wohl sind einzelne Länder diesbezüglich günstiger gestellt als andre, doch gibt es kaum ein größeres Gebiet, dem jedwede Quelle zur Salzerzeugung versagt wäre.

Man schätzt den jährlichen Salzbedarf durchschnittlich auf 6 bis 7 kg für den Kopf, die verschiedenen Länder haben aber einen ungleichen Salzverbrauch. So entfallen in Spanien auf den Kopf 4,75, in Frankreich 5,2, in Italien 6,25, in Deutsch-Österreich 7,7, in Rußland 8,5, in England 12,5, in Nordamerika 15, in Portugal 15,25, in Deutschland nach einer ältern Schätzung 19,8, nach einer neuern Berechnung 13,1 kg. Über die Höhe der Salzproduktion in einigen der wichtigsten Kulturstaaten mögen folgende Ziffern Aufschluß geben:

England .	1884:	2,332,704	Tonnen	Deutschland .	1884:	804,337	Tonnen
Nordamerika	1884:	912,091	"	Frankreich .	1882:	880,000	"
Rußland . .	1882:	834,177	"	Österreich .	1884:	264,771	"

Solquellen. Mineralquellen.

Manche Solquellen werden nicht nur zur Erzeugung von Kochsalz versotten, sondern dienen ihrer physiologischen Wirkungen wegen auch als Heilquellen. Diese Verwendungsart teilen sie mit einer Reihe andrer Quellen, welche durch reichlichen Gehalt an verschiedenartigen Mineralstoffen ausgezeichnet sind und daher Mineralquellen genannt werden. Eine gewisse Menge von Mineralbestandteilen enthält jede aus der festen Erdkruste hervorsprudelnde Quelle, denn das in allen Teilen der Erdrinde auf Schichtflächen, in Spalten und Sprüngen zirkulierende Wasser hat ja während seiner unterirdischen Laufbahn reichlich Gelegenheit, Mineralstoffe aus den Gesteinen auszulaugen; von Mineralquellen spricht man aber erst dann, wenn die Summe der Mineralbestandteile eine so auffallende ist, daß sie sich durch den Geschmack und Geruch sofort verrät. Da nur gewisse Wasser als Mineralquellen zu Tage treten, die weitaus größte Menge aber zu den „süßen" Quellen gehört, muß die Entstehung von Mineralquellen an bestimmte, nicht allenthalben wiederkehrende Bedingungen geknüpft sein. Die einfachsten Verhältnisse bieten die Solen, die Jodquellen, die Bitterwasser und wohl auch einzelne Schwefelquellen dar. Diese Quellen enthalten nämlich zumeist Bestandteile, welche von gewöhnlichem reinen Wasser leicht gelöst werden können. Wo demnach Wasseradern salz-, jod-, bittersalz- oder schwefelsalzführende Schichten oder Gesteine passieren, werden sie die betreffenden Stoffe in Lösung bringen und, wenn ihnen der geologische Bau des Bodens und die hydrostatischen Verhältnisse einen Austritt an die Oberfläche gestatten, als Mineralquellen der genannten Art hervorsprudeln. Derartige Quellen sind in ihrer topographischen Verteilung an das Streichen derjenigen Schichtglieder geknüpft, welche ihnen die bezeichneten Mineralbestandteile liefern.

Um andre Mineralstoffe, namentlich Alkalien, in Lösung zu bringen, reicht die lösende Kraft des reinen Wassers nicht aus, jedoch steigert sich dieselbe in hierzu genügendem Maße, wenn es Kohlensäure enthält. Je mehr Kohlensäure einer im Gebirge umgehenden Wasserströmung zur Verfügung steht, um so mehr wird sie im stande sein, sich mit Mineralstoffen zu bereichern. Kohlensäurehaltige Mineralquellen, die verschiedenen Arten von Säuerlingen werden daher an solchen Stellen zur Bildung gelangen, wo größere Mengen von Kohlensäure entbunden und vom Wasser aufgesaugt werden. Diese Bedingungen sind vornehmlich in vulkanischen Gegenden, in der Umgebung thätiger oder erloschener Vulkane gegeben. In allen vulkanischen Gebieten gibt es Stellen, wo stets Kohlensäure-Ausströmungen stattfinden; nach jeder beendeten Eruption, wenn die vulkanische Thätigkeit wieder zur Ruhe gekommen zu sein scheint, machen sich als Nachzügler der vulkanischen Erscheinungen Exhalationen von Schwefeldämpfen und Kohlensäure geltend, die sogenannten Solfataren und Mofetten. In vulkanischen Gebieten, wo die eruptive Thätigkeit augenblicklich erloschen ist, erscheinen Solfataren und Mofetten als die letzten Äußerungen der in größerer Tiefe schlummernden Kräfte. Noch ein zweites Moment ist für die Entstehung von Mineralquellen in

vulkanischen Distrikten günstig, nämlich das Vorhandensein tief gehender Spalten, welche den Austritt der umkreisenden Wasser an die Oberfläche begünstigen. Kommt nun eine unterirdische Wasserströmung mit einer Mofette in Berührung, so wird sie mit Kohlensäure gesättigt und dadurch befähigt, auf ihrem Wege nach oben reichlich Mineralbestandteile aus den Spaltwänden zu lösen, deren chemische Zusammensetzung von der Beschaffenheit der Gesteine abhängt, in denen die Quellspalte liegt.

Fast nie tritt an einem bestimmten Orte nur eine Mineralquelle auf, stets ist eine Reihe oder Gruppe von Quellen vorhanden, da das Wasser verschiedene Teile einer Spalte oder eines Spaltensystemes zum Ausflusse benutzt. Hemmt man den Quellenausfluß an einer bestimmten Stelle, so wird dadurch die Menge ausfließenden Wassers in der Nachbarschaft größer. Oft findet die Teilung der Quellen erst in den obersten alluvialen Lagen statt. Man bemerkt in der That, daß die Säuerlinge in ihrem Vorkommen geradezu an die vulkanischen Gegenden gebunden sind, so die Quellen auf dem Zentralplateau von Frankreich, in Oberungarn und Siebenbürgen, in dem großen Gürtel vulkanischer Durchbrüche, der sich durch ganz Mitteldeutschland, die Eifel, den Taunus, Westerwald, Vogelsberg bis nach Nordböhmen und den Sudetenländern hinzieht. Trifft eine Wasserströmung mit einer Solfatare zusammen, so ist die Bedingung für die Entstehung gewisser Schwefelquellen gegeben.

Vulkanische Gegenden zeichnen sich ferner auch durch das Vorhandensein heißer Quellen aus. Allgemein bekannt sind die heißen Springquellen auf Island, Neuseeland, im nordamerikanischen Nationalpark am Yellowstone River, aber auch der erwähnte mitteldeutsche vulkanische Gürtel ist von einer Reihe von heißen Quellen begleitet, wie die in Aachen-Burtscheid mit 62° R., Schlangenbad 23°, Ems 44°, Wiesbaden 51°, Soden 19—22°, Nauheim 24°, Karlsbad 59°, Teplitz 21—38°, Warmbrunn 28°, Landeck 23° R. Da in vulkanischen Gegenden Spalten vorhanden sind, die in jene Tiefen hinabreichen, wo die Erdwärme bereits die Siedetemperatur besitzt, und noch tiefer, so können Wasser unter hohem Drucke in diese Tiefen hinab gelangen und in heißem Zustande als Thermen wieder auftauchen. Häufig zeigen indessen die heißen Quellen keine lokalen Beziehungen zu vulkanischen Gebieten, sie liegen, wie die von Gastein (30—38° R.) oder Bormio (31° R.), in kristallinischen Gesteinen, oder sie treten aus geschichtetem Gebirge hervor, wie die von Baden bei Wien. Dann verdanken sie ihr Vorhandensein besonders tief gehenden Spalten und Brüchen, die das feste Gesteinsgerüst der Erde infolge der mit der Gebirgsbildung zusammenhängenden Massenbewegung erhalten hat. Manchmal zeigt eine Reihe von Quellen die Richtung der Thermenspalte an, wie die Thermenlinie von Baden bei Wien. Thermen können eine sehr verschiedenartige Mineralführung besitzen, nur selten gehören sie zu den indifferenten Wassern, ohne namhafte mineralische Beimengung. Ein gewisser Zusammenhang zwischen der Temperatur und der chemischen Zusammensetzung ist zuweilen unverkennbar. Schwefelwasser und salinische Quellen können ebensogut mit niederer wie mit hoher Temperatur vorkommen, dagegen sind die besonders kalkreichen oder kieselsäurereichen Quellen stets Thermen, denn nur heißes Wasser kann eine so große Menge der betreffenden Mineralbestandteile in Lösung erhalten, welche zur Abscheidung gelangen, sobald die Temperatur beim Ausfließen der Thermen sinkt und die gebundene Kohlensäure frei wird. Als Beispiele heißer Kieselquellen seien die Quellen auf Island, Neuseeland, am Yellowstone River genannt, als Beispiele von kalkreichen Thermen Karlsbad, Pisa, Lucca, Leuk, Vignone. Säuerlinge sind meist relative Thermen, d. h. sie übertreffen die durchschnittliche Jahrestemperatur der Luft, wo sie austreten, um eine gewisse gewöhnlich nicht große Anzahl von Wärmegraden. Eisen- und Bitterwasser erscheinen meist als kalte Quellen.

Unter den Mineralstoffen der Heilquellen unterscheidet man zunächst flüchtige, gasförmige und gelöste fixe Bestandteile. Unter den flüchtigen sind in erster Linie Kohlensäure

bei den Säuerlingen und Schwefelwasserstoff bei Schwefelwassern hervorzuheben, Sauerstoff und Stickstoff spielen nur eine ganz untergeordnete Rolle. Die fixen Bestandteile sind, Salzbilder: Chlor, Brom, Jod, Fluor, Schwefel; Säuren: Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure; Basen: Natron, Kali, Kalk, Magnesia, Thonerde, Eisenoxydul; organische Substanzen: Quellsäure, Quellsatzsäure, Humin ꝛc. In minimalen Mengen kommt noch eine große Anzahl von Stoffen vor, die oft nur durch sehr genaue Untersuchungen nachgewiesen werden können, wie Lithion, Selen, Cäsium, Rubidium, Strontium, Barium, Kupfer, Arsen, Zinn, Zink, Antimon, Mangan, Borsäure. Diese Stoffe treten zu Verbindungen zusammen, unter denen die Carbonate, Sulfate und Chloride die verbreitetsten sind.

Nach der chemischen Zusammensetzung teilt man die Mineralquellen in eine Reihe von Gruppen, deren umfangreichste die alkalischen Wasser bilden. Hierher zählt man alle Quellen, die sich vorwiegend durch einen Gehalt an Natriumcarbonat und Kohlensäure auszeichnen. Sie sind farb- und geruchlos, und ihr Geschmack ist prickelnd bei vorherrschender Kohlensäure, laugenhaft durch kohlensaures Natron, tintenartig durch viel kohlensaures Eisenoxydul. Die alkalischen Quellen sind fast immer relative Thermen, Quellen mit konstanter Temperatur, und können aber auch die Natur von Thermen im gewöhnlichen Sinne annehmen. Sie zerfallen in mehrere Untergruppen. Die einfachen Säuerlinge sind an fixen Bestandteilen sehr arm und gleichzeitig sehr reich an Kohlensäure. Alkalische Säuerlinge nennt man solche, die bei einem großen Reichtume an Kohlensäure auch viel fixe Bestandteile, darunter namentlich kohlensaures Natron, enthalten, wie Gießhübel, Bilin, Faihingen, die Therme Vichy ꝛc. Die Eisensäuerlinge führen ihren Namen von dem hohen Eisengehalte, der sie nebst der Kohlensäure und dem kohlensauren Natron auszeichnet. Als Beispiele seien aufgeführt: Recoaro, Reinerz, Altwasser, Bartfeld, Krynica ꝛc. Enthalten alkalische Quellen nebst kohlensaurem Natron und Kohlensäure noch namhafte Mengen von Kochsalz, wie die Quellen von Selters, die Konstantinquelle in Gleichenberg, die Therme von Ems, so bezeichnet man sie als alkalisch-muriatische Quellen, und weisen sie nebst kohlensaurem Natron eine erhebliche Menge von Glaubersalz, Natronsulfat, auf, so bilden sie die alkalisch-salinischen Quellen, als deren hervorragendste Repräsentanten Marienbad, Franzensbad, Rohitsch, Elster, Rippoldsau und die Therme von Karlsbad genannt werden können.

Die zweite Gruppe besteht aus den Kochsalzwassern. Beträgt das spezifische Gewicht derselben mehr als 1,05, so werden sie in der Regel schon zur Kochsalzgewinnung verwendet und Solen genannt. Die Hauptbestandteile sind nebst dem Kochsalze Chlormagnesium, Chlorcalcium und Natronsulfat. Man unterscheidet natürliche Solen, wie die von Halle, Kösen, Wieliczka, Drohobycz ꝛc., und künstlich erbohrte, wie die von Rehme, Artern, Nauheim, Ischl, Reichenhall ꝛc. Bei geringerm Salzgehalte spricht man von einfachen Kochsalzquellen, wie Homburg, Kissingen, Wiesbaden, Baden-Baden, Soden, Kannstatt, der künstlich erbohrte Solsprudel von Kissingen ꝛc. Eine sehr bemerkenswerte Abteilung der salinischen Wasser bilden die jod- und bromhaltigen Kochsalzquellen, die ausgezeichnet sind durch starken Gehalt an Jod und Brom, zwei Stoffen, die im Meerwasser und namentlich in Meerpflanzen aufgespeichert sind, und deren Zusammenvorkommen mit Steinsalz daher leicht erklärlich ist, wie Hall in Oberösterreich, Roy-Darkau in Österreichisch-Schlesien, Jvonicz in Galizien, Castrocaro in Toscana, Heilbronn, Kreuznach, Zaizon in Siebenbürgen und die Therme Lippik in Slawonien.

Die dritte Hauptgruppe sind die Bitterwasser, die durch einen hohen Gehalt an schwefelsaurem Natron und schwefelsaurer Magnesia gekennzeichnet werden und einen unangenehmen bittersalzigen Geschmack besitzen. Die Wasser von Püllna, Saidschitz, Sedlitz in Böhmen, Gran, Ofen in Ungarn, Epsom in England sind die bekanntesten Repräsentanten dieser Klasse von Mineralwassern.

Als vierte Gruppe reihen sich die Schwefelwasser an, die freien Schwefelwasserstoff und eine Schwefelverbindung, meist Schwefelnatrium oder Schwefelcalcium, als normalen Bestandteil in Lösung enthalten, außerdem führen sie häufig schwefelsauren Kalk (Baden bei Wien, Eilsen) oder Kochsalz (Aachen, Mehadia). Sie sind bald kalte Quellen, wie Eilsen, Weilbach, Neundorf &c., bald heiße, wie Aachen, Burtscheid, Baden bei Wien, die ungarischen Quellen Harkany, Pistyan, Trentschin-Teplitz, Krapina, Mehadia und die Pyrenäenquellen Barèges, Eaux-Bonnes &c.

Als Eisenwasser bezeichnet man jene Quellen, die mindestens 1/2 Gran Eisen im Pfunde enthalten und durch sehr hohen Eisengehalt bei geringer Menge andrer fixer Bestandteile ausgezeichnet sind. Alexisbad, Ratzes in Tirol, Parad, Pyrmont, Spaa, Schwalbach, die ungarischen Thermen Szliacs (18—25° R.) und Vichnye (32° R.) mögen als Beispiele dienen. Eine weitere kleine Gruppe bilden die erdigen Mineralquellen mit einem vorwaltenden Gehalte an schwefelsaurem oder kohlensaurem Kalke. Hierher gehören die Thermen Lucca, Bath, Aix, Leuk, die kalten Quellen Lippspringe, Rehburg &c. Die letzte Gruppe endlich sind die indifferenten Thermen, bei denen die Summe der fixen Bestandteile 5 Gran im Pfunde nicht übersteigt. Sie haben, mit unsern jetzigen wissenschaftlichen Hilfsmitteln untersucht, keine andern Eigenschaften als gewöhnliches erhitztes Wasser und erweisen doch ausgezeichnete Heilwirkungen. Als Beispiele sind unter andern anzuführen: Gastein, Tüffer, Neuhaus, Pfäfers, Wildbad, Schlangenbad, Teplitz-Schönau.

---

2. Brennbare Mineralien, Kohlen und Kohlenwasserstoffe.

Inhalt: Kohlen. Historisches. Entstehung der Kohlenlager. Chemische Zusammensetzung, mikroskopische Beschaffenheit der Kohlen. Torf, Braunkohle, Steinkohle. Kohlenarten. Anthracit. Mineralische Begleiter der Kohlen. Form, Zusammensetzung, Bau und Ausdehnung der Kohlenlager. Vulkanische Durchbrüche in Kohlengebieten. Kohlen in der Silur- und Devonformation. Kohlen der Steinkohlenformation. Kohlenlager in England, Belgien, Deutschland, Österreich, Frankreich, Rußland. Kohlenfelder Nordamerikas, Chinas. Kohlen in den jüngern paläozoischen und den mesozoischen Formationen. Braunkohlen der Tertiärzeit. Englands Überwiegen auf dem Gebiete der Kohlenproduktion. Statistik der Kohlenproduktion. — Kohlenwasserstoffe. Historische Bemerkungen. Zusammensetzung des Petroleums. Erdöl in Nordamerika. Kaukasische Ölgebiete. Erdöl in den Karpathen. Erdölvorkommnisse Deutschlands und andrer Länder. Asphalt. Ozokerit. Entstehung des Erdöls. Destillation des Erdöls. Produktionsziffern.

Keine andre Gruppe von nutzbaren Mineralien, mit Ausnahme des Eisens, spielt gegenwärtig eine so hervorragende Rolle wie die fossilen Brennstoffe. Kohlen und Kohlenwasserstoffe liefern uns Licht und Wärme, und diese sind nächst der Nahrung die ersten und wichtigsten Lebensbedingungen des Menschen. Frei werdende Wärme vermögen wir mittels der Dampfmaschinen und andrer Motoren unmittelbar, jederzeit und an jedem Orte in lebendige, bewegende Kraft umzusetzen und erhalten hiermit die Grundlage jeglicher größerer gewerblicher Thätigkeit und sehen die Grundbedingung für den Weltverkehr, für den Massentransport von Menschen und Waren erfüllt. Fast alle mannigfaltigen modernen Industriezweige, denen wir tausenderlei Annehmlichkeiten und Erleichterungen der Lebensführung verdanken, hängen mehr oder minder von der Kohle ab. Hauptsächlich aber haben die Steinkohlen einen unmittelbaren großen Einfluß auf die Verarbeitung des Eisens, dieses nützlichsten und wichtigsten aller Metalle. Bei der großen Bedeutung, welche demnach der Kohle und den übrigen fossilen Brennstoffen im Haushalte der Menschheit zukommt, bedarf es wohl keiner ausführlichen Rechtfertigung, wenn der Besprechung gerade dieser Mineralstoffe hier ein etwas größerer Raum zugestanden wurde.

Ein so auffallender Mineralkörper wie die *Kohle* konnte sich der Aufmerksamkeit der Menschen nicht lange entziehen. Aus einzelnen Stellen der auf uns gekommenen Schriften von Aristoteles und seinem Schüler Theophrast geht mit Sicherheit hervor, daß die Mineralkohle, und zwar wahrscheinlich in der Form von Braunkohle, schon im klassischen Altertume bekannt war. In Britannien, dem steinkohlenreichsten Gebiete, welches die Römer in den Bereich ihrer Weltherrschaft einbezogen hatten, schreibt man sogar gewisse durch besondere Regelmäßigkeit ausgezeichnete alte Kohlenbergwerke bei Wigan in Lancashire römischer Thätigkeit zu. In demselben Lande hat man aber auch archäologische Funde gemacht, welche erweisen, daß hier schon viel früher, in prähistorischer Zeit, Kohlenbergbau betrieben wurde. So fand man Feuersteingeräte im Ausstreichen der Kohlenflöze von Monmouthshire sowie Steinhämmer und Feuersteinkeile in uralten Bauen des Kohlenfeldes von Leicestershire. Noch mehrere andre Funde gewähren für eine sehr frühzeitige Ausbeutung und Benutzung der Kohle seitens des prähistorischen Menschen volle Gewißheit.

Wie in vorrömischer und römischer Zeit, war Britannien auch im Mittelalter in Bezug auf die Kohlengewinnung den andern Ländern Europas voran; man bediente sich der Kohle sowohl für den Hausgebrauch als auch namentlich für die Schmiedewerkstätten. Wenn man die Steinkohle auch zeitweilig des üblen Geruches wegen und aus Furcht vor schädlicher „Verpestung der Luft“ zu verdrängen suchte, so nahm der Gebrauch derselben doch immer mehr überhand und übte in England schon frühzeitig auf die Entwickelung der Industrie einen günstigen Einfluß aus. Der kohlenärmere Kontinent hat bis jetzt noch keine Anhaltspunkte für prähistorische Kohlengewinnung geliefert, doch liegen zahlreiche Angaben über die Verwendung der Mineralkohle aus dem Mittelalter vor. Am frühsten erscheint das Zwickauer Kohlenrevier durch die slawischen Sorben aufgeschlossen worden zu sein, während das belgische und westfälische Kohlenfeld etwas später (im 11. und 14. Jahrhundert) bekannt wurde. Den wahren volkswirtschaftlichen Wert der Kohle hat man allerdings erst im Beginne dieses Jahrhunderts erkannt, als man die Dampfmaschine immer mehr und mehr würdigen lernte, und seither ist der Kohlenverbrauch wie bekannt in allen Kulturländern im fortwährenden Steigen begriffen.

Viel älter als in Europa ist aller Wahrscheinlichkeit nach der Kohlenbergbau in China, dem uralten Kulturlande des Ostens. Als der berühmte Venezianer Marco Polo im 13. Jahrhundert China bereiste, fand er in diesem an Kohlen so überreichen und dabei holzarmen Lande die Mineralkohle allenthalben in ausgedehntem Gebrauche, so daß es bei dem hohen Alter der Kultur der Chinesen, der bedeutenden Größe und Zahl ihrer volkreichen Städte sehr wahrscheinlich ist, daß dieses Volk den Wert der Steinkohle schon sehr frühzeitig erkannt hatte, viel früher als die europäischen Völker.

Über die *Entstehung der Steinkohle* huldigte man früher zum Teile den abenteuerlichsten Anschauungen. Manche brachten die Kohlen mit den vulkanischen Erscheinungen, andre mit vorausgesetzten Emanationen von Erdöl und Bitumen in Zusammenhang, und doch hat *Scheuchzer* schon im Anfange des vorigen Jahrhunderts richtig erkannt, daß zwischen den die Kohlenflöze so häufig begleitenden Pflanzenresten und der Kohle selbst eine ursächliche Verbindung bestehen müsse, und *Beroldingen* hat im Jahre 1778 die Steinkohle vollends für ein Umwandlungsprodukt von Braunkohle und Torf erklärt und damit jene Anschauung ausgesprochen, welche die vorgeschrittenere Wissenschaft von heute im wesentlichen als die richtige erkannt hat. Während so einerseits der Scharfblick einzelner Forscher schon frühzeitig das Richtige halb geahnt, halb erkannt hat, fehlt es anderseits bis in die neuere Zeit nicht an zeitweilig auftauchenden Stimmen, welche abweichenden Anschauungen das Wort reden. Da die Entstehung der Kohle auf S. 170—173 ausführlich erörtert wurde, erübrigt hier nur eine Zusammenfassung der frühern Auseinandersetzungen.

Es wurde gezeigt, daß die Kohlen ihrer Entstehung nach aus vielen Gründen auf ehemaliges Pflanzenmaterial zurückgeführt werden müssen, wofür namentlich die mikroskopischen Untersuchungen der jüngsten Zeit die letzten entscheidenden Beweise beigebracht haben. Es wurde ferner erwiesen, daß marine Pflanzen, Seetange, die Kohlenbildung nicht veranlaßt haben können, sondern daß wir dieselbe Landpflanzen zu verdanken haben. Nur in seltenen Fällen, bei einzelnen räumlich beschränkten, unregelmäßigen Lagern kann eine Entstehung der Kohle aus zusammengeschwemmten Holzmengen angenommen werden, die größte Anzahl der Kohlenlager und namentlich die weit ausgedehnten, regelmäßigen Kohlenflözbildungen sind ausschließlich einem an Ort und Stelle erstandenen, vieljährigen Pflanzenwuchse zuzuschreiben. Die oft viele Meilen weite Verbreitung der Kohlenflöze, ihre oftmaligen Wiederholungen, ihr stetes Wechsellagern mit Thonen, Schiefern, Sandsteinen und Konglomeraten zeigt uns, daß die Kohlenbildung in flachen, weit ausgedehnten Inlandsbecken vor sich gegangen ist, von denen man sich vorstellen muß, daß sie zeitweilig mit einer reichen Sumpfvegetation nach Art der Torfmoore oder der tropischen Mangrovesümpfe versehen waren, zu andern Zeiten aber Inlandseen gebildet haben, in welche die einmündenden Flüsse Sand, Schlamm und Gerölle zuführten. Die Sumpfvegetation lieferte im Verlaufe vieler Pflanzengenerationen das Material für die Kohlenflözbildung, während das von den Flüssen herbeigebrachte mechanische Sediment die Sandsteine, Thone, Schiefer und Konglomerate bildete, welche die einzelnen Flöze voneinander trennen. Der Umstand, daß in manchen Gegenden selbst über hundert einzelne Flöze bekannt sind, zwingt uns zu der Annahme, daß in diesen Inlandsbecken ein häufiger Wechsel der Verhältnisse stattfand. Daß die Braunkohlen der Tertiärzeit und des Diluviums aus ehemaligen Torfmooren hervorgegangen sind, ergibt sich aus der Beschaffenheit der Vegetation der Braunkohle, ihrer Lagerung und der Art ihres Vorkommen; von der Braunkohle zur echten Steinkohle der ältern geologischen Formationen und dem Anthracit führt aber eine solche Kette von Übergängen, daß man notgedrungen für alle ausgedehntern Kohlenflözbildungen eine übereinstimmende Entstehung in der angedeuteten Weise annehmen muß.

Auch in chemischer Hinsicht findet ein vollkommener und allmählicher Übergang in der Zusammensetzung von der frischen Pflanzenfaser bis zum Anthracit statt. So wie die lebenden Pflanzen, bestehen auch alle Mineralkohlen aus den Grundstoffen: Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O) und Stickstoff (N), und in sehr geringer Menge auch aus Schwefel, nur die Quantitäten der einzelnen Elemente sind abweichende. Die Mineralkohlen sind durch stärkeres Vorwiegen des Kohlenstoffes bei schwächerer Vertretung von Wasserstoff und Sauerstoff ausgezeichnet, während die Pflanzenfaser einen relativ größern Reichtum an diesen beiden letztern Elementen aufweist. Es läßt sich dabei eine gesetzmäßige Zunahme des Kohlenstoffes von der Holzfaser zum Torfe, zur Braunkohle, Steinkohle und dem Anthracit verfolgen bei gleichzeitiger Abnahme von Sauerstoff und Wasserstoff, wie dies aus den Durchschnittszahlen der folgenden Tabelle deutlich erhellt:

	C	H	O	N
Holzfaser	50	6	43	1
Torf (recent und diluvial)	59	6	43	2
Braunkohle (diluvial und tertiär)	69	5,5	25	0,8
Steinkohle (mesozoisch und paläozoisch)	82	5	13	0,8
Anthracit (paläozoisch)	95	2,5	2,5	Spur

Es besteht demnach der Verkohlungsprozeß im wesentlichen in einer stetigen Anreicherung mit Kohlenstoff, welche durch den gleichzeitigen Abgang von Sauerstoff und Wasserstoff hervorgebracht wird. Im allgemeinen wächst die Verkohlung mit zunehmendem geologischen Alter, obwohl diese Regel keineswegs ausnahmslose Geltung besitzt. Als Schlußergebnis

der Verkohlung hat man wohl den im archäischen Gebirge vorkommenden Graphit zu betrachten, welcher des Sauerstoffes und Wasserstoffes vollkommen verlustig gegangen ist und nur noch aus reinem Kohlenstoffe besteht.

Wir wissen, daß die abgestorbenen Pflanzenkörper unter der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes einer Zersetzung unterworfen sind, welche zur Bildung von Wasser und verschiedenen Kohlenwasserstoffverbindungen führt und schließlich eine vollkommene Zerstörung, eine Vermoderung des Pflanzenkörpers zur Folge hat. Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn die Zersetzung der Pflanzenstoffe durch den Sauerstoff der Luft wohl eingeleitet wird, jedoch noch rechtzeitig ein teilweiser oder völliger Abschluß der vegetabilen Masse von der Luft stattfindet, wie dies bei dem Verkohlungsprozesse der Fall ist. Die einmal angeregte Bewegung und Umlagerung der Atome wird wohl fortgesetzt werden, aber es werden sich die Bestandteile der Pflanzenstoffe nur untereinander verbinden können, indem ein Teil des Sauerstoffes mit Kohlenstoff zu Kohlensäure, ein andrer Teil mit Wasserstoff zu Wasser zusammentritt, während ein Teil des Wasserstoffes mit Kohlenstoff verschiedene Kohlenwasserstoffverbindungen bildet. Diese neuentstandenen Verbindungen werden nach Möglichkeit zu entweichen suchen, während der Kohlenstoff unter Zurückbleiben einer geringern Menge von Sauerstoff und Wasserstoff eine verhältnismäßig fortschreitende Anreicherung erfahren muß. Der Zersetzungsprozeß schreitet im allgemeinen nur langsam vorwärts; trotz des hohen Alters so vieler Kohlenablagerungen geht er auch heute noch von statten, wie dies die gasförmigen Kohlenwasserstoffverbindungen (meist H_2C, Sumpfgas, schlagende Wetter) und die Kohlensäure (Schwaden) beweisen, die so häufig zum Unglücke des Bergmannes aus den Kohlenflözen ausströmen.

So einfach und klar sich der Verkohlungsvorgang in seinen Grundzügen darstellt, so erheben sich doch bedeutende Schwierigkeiten, wenn man es versucht, in den verwickelten Chemismus der Verkohlung noch näher einzugehen, oder wenn man bestrebt ist, die Natur der chemischen Verbindung festzustellen, welche uns in der Kohle vorliegt. In Bezug auf die letztere Frage scheint nur so viel festzustehen, daß in den Steinkohlen freier Kohlenstoff nicht vorhanden ist, sondern dieser seiner ganzen Menge nach an gewisse Quantitäten von Sauerstoff und Wasserstoff gebunden ist. Jede Kohle stellt nach den Darlegungen von Baltzer eine Verbindung von Kohlenstoff mit Wasser- und Sauerstoff oder noch wahrscheinlicher ein Gemenge von verwandten derartigen Verbindungen dar. Suchte man einerseits auf chemischem Wege die wahre Natur der Kohle zu ergründen, so nahm man anderseits zu diesem Zwecke das mikroskopische Verfahren zu Hilfe, mittels dessen namentlich von Gümbel gezeigt wurde, daß in der Steinkohle der organische Zellenbau der ihr zu Grunde liegenden Pflanzen durch und durch in erkennbaren Formen erhalten ist.

Man nimmt vielfach an, daß hoher Druck und die dadurch hervorgerufene höhere Temperatur einen beschleunigenden Einfluß auf die Kohlenbildung auszuüben vermag, wie dies ja Laboratoriumsversuche im kleinen erweisen. So können auch in der Natur Verwerfungen und Störungen des Gebirgsbaues und der bei der Faltung der Gebirge ausgeübte Druck die Verkohlung begünstigen und die mehrfachen Zerreißungen der Flöze durch den hierdurch ermöglichten Zutritt des Sauerstoffes eine raschere Zersetzung herbeiführen. In der That gibt es hierfür mehrfache schöne Beispiele. So sieht man, daß die Kohlen des gefalteten Alleghanygebirges in Pennsylvanien durchweg in Anthracit verwandelt sind, während die horizontal liegenden gleichalterigen Flöze westlich davon aus gewöhnlicher bituminöser Steinkohle bestehen. Ebenso sind die Flöze der Kohlenformation in den stark gefalteten Alpen in anthracitische Kohle umgewandelt, während anderseits die Kohle aus horizontal liegender Formation von Zentralrußland eine braunkohlenartige Beschaffenheit zeigt. Gümbel dagegen hebt hervor, daß die Pflanzensubstanz der Kohlen und Anthracite nach

der mikroskopischen Beschaffenheit der Zellen keine beträchtlich höhere Pressung erlitten haben konnte, als etwa die sein mag, welche die tiefern Lagen eines Torfmoores durch die darauf lastende Torfmasse auszuhalten haben. Auch weist derselbe Forscher darauf hin, daß man zuweilen Anthracitflöze zwischen gewöhnlichen Kohlenflözen vorfindet, und daß oft in den am stärksten gestörten und zerrissenen Flözteilen keine anthracitischen Abänderungen zum Vorscheine kommen. Wir müssen also zur endgültigen Lösung dieser Frage weitere Untersuchungen abwarten.

Der Torf, welcher als jüngstes und am wenigsten verändertes Glied der Kohlenreihe zunächst ins Auge gefaßt werden soll, bildet bekanntlich ein dichtes Gemenge abgestorbener, teilweise zersetzter Sumpfpflanzen. Wo sich nur immer stagnierendes Wasser in größern, tief gelegenen Mulden ansammeln kann, da entsteht bei genügender Feuchtigkeit der Luft bald eine Sumpfvegetation, welche, allmählich absterbend, neuen Generationen Raum gibt, die ihrerseits wieder mit ihren Leichen die frühern Reste decken. So bildet sich eine bald mehr, bald minder mächtige Lage vegetabilen Torfes, dessen Beschaffenheit von dem Alter, d. h. der Dauer der Zersetzung, hauptsächlich aber von der Natur der ihn zusammensetzenden Pflanzen abhängt. So sind es vornehmlich Sphagnum-Arten, welche den Moostorf zusammensetzen, während der Heidetorf zumeist aus Erica tetralix und Calluna vulgaris gebildet wird. Nach Art des Vorkommens, der Zusammensetzung und der technischen Verwertung hat man zahlreiche Abarten von Torf unterschieden, auf die näher einzugehen die Knappheit des Raumes verbietet.

In chemischer Beziehung zeichnet sich der Torf vor der Pflanzenfaser durch höhern Kohlenstoffgehalt aus, während die Sauerstoff- und Wasserstoffmenge die nämliche ist. Der Aschengehalt ist höher als bei der Pflanzenfaser, wahrscheinlich infolge mechanischer Beimengung erdiger Bestandteile.

Die räumliche Ausdehnung mancher Torfmoore ist eine so beträchtliche, daß sie den Vergleich mit vielen Kohlenfeldern ganz gut besteht. So besitzt das große Torfmoor, welches sich zwischen der ostfriesischen Geest und den Marschen am Dollart ausdehnt, eine Oberfläche von 50 bis 60 Quadratmeilen, und einen noch größern Raum nehmen die Moore Irlands ein. Die Mächtigkeit der Torfbildungen ist verschieden, sie schwankt, soviel bekannt, zwischen 1 und 12 m. Nicht selten läßt der Torf eine Art Schichtung oder einen lagenweisen Wechsel verschiedener Torfmassen erkennen.

An vielen Stellen dauert die Torfbildung seit der Diluvialzeit bis in die Gegenwart fort, oft kann der Torf der gegenwärtigen Periode von dem der Diluvialzeit räumlich nur zur Not oder gar nicht geschieden werden. Den vollkommenen Übergang vom Torfe zur echten tertiären Braunkohle bildet nach Gümbel die Schieferkohle, die im Diluvium der Nordalpen vorkommt. In einer teils lockern, torfähnlichen, teils dichten Hauptmasse liegen zahlreiche Ast- und Stammstücke von Koniferen, Birken, Weiden und dergleichen, welche bereits die Beschaffenheit tertiärer Lignite (holzige Braunkohle) aufweisen, während die Hauptmasse sich noch in torfähnlichem Ausbildungszustande befindet. Von der diluvialen Schieferkohle zur echten tertiären Braunkohle ist demnach nur noch ein kurzer Schritt.

Die Braunkohle zeigt eine licht- bis dunkelbraune Farbe und einen matten Glanz. Sie ist bald dicht, bald schieferig, holzartig oder erdig und läßt die Pflanzentextur häufig schon mit freiem Auge erkennen. Die Braunkohle besitzt in der Regel einen braunen Strich, liefert bei der trocknen Destillation stets freie oder an Ammoniak gebundene Essigsäure und bräunt Ätzkalilösung beim Erwärmen, während die Steinkohle einen schwarzen Strich zeigt, bei der trocknen Destillation nur freies Ammoniak abgibt und Ätzkali nicht braun färbt. Diese unterscheidenden Eigenschaften gelten aber nur für die Hauptmassen der Braun- und Steinkohlen, sie haben keineswegs durchschlagende Bedeutung. Der Gehalt verschie-

dener Braunkohlen an Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und den Aschenbestandteilen ist ein schwankender, bewegt sich aber innerhalb gewisser Grenzen, für die sich aus einer größern Anzahl von Einzelanalysen folgende Zahlen ergeben:

Kohlenstoff 50—77 Proz., durchschn. 63 Proz.	Sauerstoff 26—37 Proz., durchschn. 32 Proz.
Wasserstoff 3—5 „	Stickstoff 0—2 „

Wie in der chemischen Zusammensetzung, so weisen die Braunkohlen auch in Bezug auf die Struktur und die Gesamtbeschaffenheit mancherlei Verschiedenheiten auf, die zur Aufstellung von mehreren „Arten“ und „Varietäten“ geführt haben. Die holzige Braunkohle oder Lignit bildet derbe Massen mit noch deutlicher Holztextur, in welcher zuweilen die einzelnen Stämme und Äste noch wohl unterscheidbar sind. Die gewöhnliche und typische Braunkohle ist derb, mehr oder weniger fest und dicht und zeigt einen flachmuscheligen oder unebenen Bruch. Unter dem Mikroskope erkennt man, daß an der Zusammensetzung der typischen Braunkohle Gräser und Moose einen hervorragenden Anteil nehmen. Die Glanz- oder Pechkohle (Salonkohle) bildet eine schwarze, pechartig glänzende Kohle, die nach Gümbel wesentlich aus Holzteilen besteht. Unter Wachskohle oder Pyropissit versteht man die gelblichweiße, zur Paraffin- und Photogenschwelerei benutzte Braunkohle, und als Papierkohle oder Dysodil bezeichnet man lockere, in papierdünne Lagen abgesonderte Braunkohle, die einen hohen Aschengehalt führt und namentlich zur Gasbereitung geeignet ist. Endlich sei noch die Moorkohle erwähnt, welche sich von der typischen Braunkohle durch höhern Aschengehalt, mattern oder mangelnden Glanz, erdigen Bruch und geringern Brennwert unterscheidet.

Wie der Übergang vom Torfe zur Braunkohle ein vermittelter ist, so sind scharfe Unterschiede noch weniger zwischen Braunkohle und Steinkohle vorhanden. Gewisse alttertiäre Braunkohlen nähern sich den jüngern mesozoischen Steinkohlen so sehr, daß es unmöglich ist, scharfe Grenzen zu ziehen. Die Zusammensetzung der echten Steinkohle ist im Durchschnitte nach Abzug der Aschenbestandteile folgende:

70—95 Prozent Kohlenstoff	4—20 Prozent Sauerstoff
3—7 „ Wasserstoff	1—25 „ Stickstoff

Auch die Steinkohlen lassen unter sich mancherlei Verschiedenheiten der Textur und der physikalisch-chemischen Beschaffenheit erkennen. Das Verhalten der Steinkohlen beim Verbrennen in mehr oder weniger abgeschlossenen Räumen und die davon abhängige Verwendung zu verschiedenen technischen Zwecken ergab schon frühzeitig die von Karsten aufgestellte Einteilung in Sand-, Sinter- und Backkohlen. Gewisse Kohlen haben die Eigentümlichkeit, beim Erhitzen im geschlossenen Raume zu erweichen, zu schmelzen und einen mehr oder weniger aufgeblähten, porösen Koks zu liefern. Es sind dies die Backkohlen, während die Sinterkohlen beim Erhitzen sich nur wenig erweichen, sich nicht merklich aufblähen, fest zusammensintern und einen dichtern Koks abgeben. Die Sandkohlen dagegen zerfallen, wenn man sie demselben Prozesse unterwirft, und geben pulverigen, magern Koks.

Nach der Art der Flamme bei der gewöhnlichen Verbrennung unterscheidet man kurzflammige und langflammige Kohlen. Die Backkohlen sind stets langflammig, während im allgemeinen die Sand- und Sinterkohlen bald kurz-, bald langflammig sein können. In der Praxis ist ferner auch die Unterscheidung von Gas- und Flammkohlen einerseits und Koks- und Schmiedekohlen anderseits von Bedeutung. Zu den erstern gehören jene Kohlen, die infolge eines hohen Wasserstoffgehaltes leicht in Brand geraten, viel flüchtige Bestandteile abgeben und mit leuchtender, lange anhaltender, rußender Flamme verbrennen, während die letztern schwieriger in Brand zu bringen sind, eine minder leuchtende, kürzere Flamme und weniger flüchtige Bestandteile liefern. Auf welche Umstände aber das eben beschriebene verschiedenartige technische Verhalten in Bezug auf Schmelzbarkeit, Flammen-

und Koksbildung der Kohlen zurückzuführen ist, dies ist gegenwärtig nur noch zum geringsten Teile richtig erkannt. Die wechselnde chemische Zusammensetzung spielt diesbezüglich gewiß eine bedeutende Rolle, da man aber die Wahrnehmung gemacht hat, daß sich zuweilen ganz ähnlich zusammengesetzte Kohlen in technischer Hinsicht doch recht abweichend verhalten, kann die chemische Natur derselben nicht die einzige Quelle dieser Erscheinungen sein.

Ebenso große Verschiedenheiten wie in technischer Hinsicht ergeben die Kohlen auch, wenn man sie nur vom rein physikalisch-chemischen Standpunkte einer nähern Prüfung und Vergleichung unterzieht. Man pflegt in dieser Hinsicht Glanz-, Matt-, Cannel-, Boghead-, Faserkohle und Brandschiefer zu unterscheiden. Die Hauptmasse der Steinkohlen wird durch die beiden ersten Kohlenarten gebildet. Die Glanzkohle führt ihren Namen nach dem lebhaften Glasglanze, welcher sie, verbunden mit tiefschwarzer Färbung, auszeichnet; sie besitzt ferner eine meist große Sprödigkeit und eine vorzügliche Spaltbarkeit. In technischer Hinsicht kann sich die Glanzkohle bald wie Back-, bald wie Sinter- und Sandkohle verhalten. Meist ist sie ärmer an Aschenbestandteilen als andre Kohlen und gibt eine gute Koksausbeute. Die Mattkohle ist nur wenig glänzend, sie besitzt eine große Festigkeit, läßt keine deutliche Spaltbarkeit erkennen und verhält sich stets wie Sinterkohle. Während die Glanzkohle den alleinigen Bestandteil eines Kohlenflözes bilden kann, kommt die Mattkohle niemals allein vor, sondern erscheint stets in Gesellschaft mit Glanzkohle, indem sie in einem und demselben Kohlenflöze lagenweise mit der Glanzkohle wechselt (Streifkohle). Der Mattkohle steht sehr nahe die Cannelkohle, welche sich durch ebenflächigen oder flachmuscheligen Bruch, grau- bis samtschwarze Färbung, Politurfähigkeit und große Festigkeit auszeichnet. Vermöge ihres hohen Wasserstoffgehaltes ist sie sehr leicht entzündlich und brennt, einmal angezündet, mit lebhafter Flamme fort (daher der Name Cannel [candle] -coal). An die Cannelkohle läßt sich ferner die Bogheadkohle (Torbanit, Candelit) anschließen, eine braun gefärbte, kohlige Substanz mit gelblichem Striche, welche über 60 Prozent flüchtige Bestandteile und einen sehr hohen Aschengehalt aufweist (20—30 Prozent) und daher von den Engländern nicht mehr als eigentliche Kohle anerkannt wird. Sie schließt sich jedoch in geologischer Hinsicht so eng an die Kohlen an, daß eine Abtrennung dieses Brennstoffes von der Kohle unnatürlich erscheint. Mit der Bogheadkohle ist eine Reihe von Kohlensorten verwandt, welche bei reichlicher Aschenführung durch hohen Gehalt an flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen ausgezeichnet und daher namentlich zur Bereitung von Leuchtgas geeignet sind, wie die böhmische Plattel- oder Brettelkohle, der Tasmanit von Vandiemensland, die Murajewnakohle Zentralrußlands. Unter Faserkohle endlich begreift man eine samtschwarze, abfärbende, seidenglänzende Kohle, die bald nur in dünnen Lagen, bald in kleinen, scharf begrenzten Fetzen und Butzen in Kohlenflözen eingeschlossen ist. Als letzte Erscheinungsform wäre endlich noch der Brand- oder Kohlenschiefer zu erwähnen, der eigentlich nur ein mit kohligen Substanzen hochgradig imprägnierter Thonschiefer ist.

Eine noch weiter vorgeschrittene Etappe des Verkohlungsprozesses haben wir im Anthracit zu erblicken, der in seiner typischen Form eine dichte, eisenschwarze, metallartig glänzende Kohle bildet, welche nach Abzug der Aschensubstanz 88—98 Prozent Kohlenstoff, 1,8—4,8 Prozent Wasserstoff, 0—7 Prozent Sauerstoff sowie Spuren von Stickstoff enthält. Der sehr bedeutende Kohlenstoffgehalt verleiht dem Anthracit einen sehr großen Brenn- und Heizwert, dagegen ist er infolge des sehr niedern Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen zur Vergasung nicht tauglich und gestattet auch die Verkokung nicht. Wie zwischen Braunkohle und Steinkohle, so bestehen auch zwischen der letztern und dem Anthracit keine scharfen Grenzen.

Außer den im vorhergehenden besprochenen Kohlensorten beteiligen sich an der Zusammensetzung der Kohlenflöze auch noch einige andre Mineralien, die zwar der Masse nach keine bedeutende Rolle spielen, aber auf die Beschaffenheit der Kohle doch zuweilen von

einigem Einflusse sind und in genetischer Beziehung mit der Kohlenbildung zum Teile in engem Verbande stehen.

Das letztere gilt namentlich von den Erdharzen, wie Dopplerit, Bernstein, Retinit &c., und den Erdwachsen, wie Hartit, Hatchettin, Ozokerit &c., deren Zusammenvorkommen mit Kohle bei der nahen chemischen Verwandtschaft dieser Stoffe nicht überraschen kann. In Ausnahmefällen erscheint auch Petroleum als Begleiter von Kohlenflözen, wie dies vor längerer Zeit im Kohlenreviere von Shropshire beobachtet wurde.

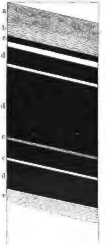
Wichtiger als diese Mineralien, die doch stets nur in äußerst geringen Mengen vorkommen, sind die metallischen Begleiter der Kohlenflöze, wie das Eisencarbonat und der Schwefelkies. Das erstere tritt bald mit Thon gemengt in Form von thonigem Sphärosiderit auf und bildet dann kuchenförmige Konkretionen, welche den die Kohle begleitenden Schieferthonen eingelagert sind, bald aber erscheint es als Kohleneisenstein (blackband) in innigem Gemenge mit der Kohle selbst und begleitet die letztere in regelmäßigen, oft weit ausgedehnten Flözen. So kommt es, daß in manchen Kohlenfeldern, wie namentlich in England, im Kohlenreviere an der Ruhr in Deutschland und im Liaskohlengebiete von Fünfkirchen und Steierdorf in Ungarn, aus denselben Schächten jene beiden Rohstoffe gefördert werden, welche die Industrie der Gegenwart beherrschen, die Kohle und das Eisen. In vielen andern Kohlengebieten fehlen wohl Eisenerze ebenfalls nicht, sind aber nicht in bauwürdiger Menge vorhanden.

Noch häufiger, aber keineswegs erwünscht ist der zweite metallische Begleiter der Kohle, der Eisen- oder Schwefelkies (FeS_2, Doppeltschwefeleisen). Seine goldgelbe Färbung und sein lebhafter metallischer Glanz verraten ihn leicht auf der schwarzen Kohle, die er als Anflug überzieht oder in Konkretionen durchwächst. Beim Verbrennen schwefelkiesführender Kohlen entstehen gasförmige Schwefelverbindungen, welche nicht nur übelriechend sind, sondern auch die Feuerungen und namentlich die Kupfer- und Messingbestandteile der Maschinen angreifen. Durch Aufnahme atmosphärischen Sauerstoffes zerfällt der Schwefelkies sehr leicht in Eisenvitriol und Schwefelsäure. Durch diese Neubildung, die mit Volumvergrößerung verbunden ist und in der Natur sehr leicht und häufig eintritt, wird die Kohle einerseits zersprengt und zertrümmert, anderseits chemisch verändert und so in doppelter Hinsicht verschlechtert.

Die Gleichartigkeit der Entstehung der Kohlenfelder bedingt es, daß alle Kohlengebiete, welches geologische Alter sie auch immer besitzen mögen, in Bezug auf den Bau und die Ausdehnung der Kohlenflöze und die Beschaffenheit der begleitenden Gesteine vielfache gemeinsame Grundzüge aufweisen. Im einzelnen treten allerdings sehr mannigfaltige Modifikationen ein, welche von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen abhängen. An der Zusammensetzung der Kohlenfelder beteiligen sich neben der Kohle und ihren Begleitmineralien stets dunkle Schiefer und schieferige Thone mit Pflanzenresten, die in der Regel die Kohlenflöze selbst im Hangenden und Liegenden umgeben. Namentlich an der Basis der Flöze findet sich fast stets eine thonig-schieferige Schicht, die sehr oft noch die Wurzelstöcke der kohlenliefernden Pflanzen in ursprünglicher, natürlicher Lage enthält. In den Zwischenräumen der Flöze stellt sich in wechselnder Mächtigkeit ein feinkörniger, seltener konglomeratartiger, meist versteinerungsfreier Sandstein ein, der mit dem Schiefer die Hauptmasse der kohlenführenden Gebirge bildet. Nur ausnahmsweise treten auch Kalksteine mit marinen Versteinerungen in die Zusammensetzung ein, wie in England, Belgien und Oberschlesien. Es geschah dies in den dem Meere genäherten, „paralischen“ Gebieten, wo zeitweilig infolge geringer Schwankungen der Niveauverhältnisse zwischen Festland und Meer kleine Transgressionen stattfanden und daher eine zeitweilige Bildung mariner Kalke oder eine Einschwemmung mariner Organismen möglich war. Andre Kohlenablagerungen, die dem Einwirkungskreise

des Meeres gänzlich entrückt waren, die sogenannten lymnischen, lassen keine Spur mariner Gebilde erkennen.

Die *Ausdehnung der Kohlenfelder* und die der einzelnen Flöze wie auch deren Zahl, die Gesamtmächtigkeit der kohlenführenden Schichtenkomplexe, unterliegt naturgemäß großen Schwankungen. Man kann im allgemeinen sagen, daß die Kohlenreviere der Karbonperiode viel ausgedehnter sind und zahlreichere Flöze enthalten als die der jüngern Formationen und namentlich die der Tertiärzeit. Dagegen werden die karbonischen Steinkohlenflöze von den tertiären Braunkohlenlagern an Mächtigkeit weitaus übertoffen. Während die erstern meist nur 1—5 m, selten 10—15 m mächtig sind, gehören bei den letztern Mächtigkeiten von 15 bis 25 m zu den gewöhnlichen Erscheinungen, und zuweilen findet selbst ein Anschwellen der Flöze bis zu 40 und sogar 50 m statt. Umgekehrt verhält es sich mit der Zahl der Flöze. Während in Braunkohlenrevieren oft nur ein oder einige wenige Flöze vorhanden sind, ist in Steinkohlengebieten eine häufige, selbst 100—130malige Wiederholung der Flözbildung die Regel.



Durchschnitt des Kohlenflözes im Layerschacht bei Kladno. a Sandstein mit Konglomerat — b glimmeriger Schieferthon mit Pflanzenabdrücken — c Schieferthon — d Kohle — e Kieselschiefer. Vgl Text, S. 746.

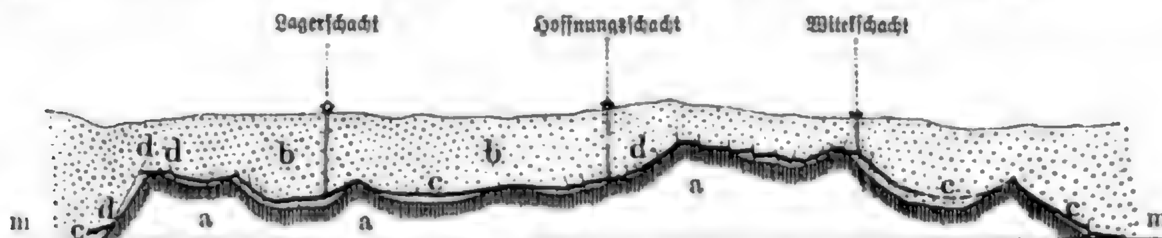
Der *Reichtum* in den kohlenführenden Schichtfolgen ist an keinerlei Regelmäßigkeit gebunden. In einem Schichtenverbande gruppieren sich oft zahlreiche Kohlenflöze zu sogenannten Flözzügen, in denen die Kohlenflöze nur durch schmale Lagerungen tauben Gesteines voneinander getrennt sind. Andre Schichtgruppen dagegen enthalten nur einzelne oder gar keine abbauwürdigen Kohlenlager und werden Zwischenmittel genannt. Eine derartige Anordnung der Flöze zu Flözzügen kennt man in tertiären Braunkohlengebieten nicht, eine natürliche Folge der weniger beträchtlichen vertikalen und horizontalen Entwickelung der letztern. Für die Gesamtmächtigkeit der kohlenführenden Schichten in den karbonischen Steinkohlenfeldern sind durch den Bergbau riesige Zahlen ermittelt worden, so hat man für die produktive Kohlenformation an der Saar die Gesamtmächtigkeit von 5200 m, für das Gebiet von Südwales gar die von 7000 m erhoben und ähnlich hohe Zahlen in allen andern Steinkohlenfeldern festgestellt.

Ebenso großartig sind die *Ausmaße der Steinkohlenfelder und -Flöze der Karbonperiode in der horizontalen Richtung*. Gewisse Steinkohlenflöze Westfalens bedecken erwiesenermaßen einen Flächenraum von 8 bis 10 Quadratmeilen; in England hat man einzelne Flözgruppen über einen Raum von 25 bis 30 Quadratmeilen verfolgt, und noch erstaunlicher sind die Dimensionen vollends in Nordamerika, wo, um nur ein Beispiel anzuführen, das Pittsburger Flöz Pennsylvaniens nach Lyell eine Fläche von 690 Quadratmeilen Inhalt einnimmt. Die Ausdehnung der Braunkohlenreviere ist dagegen meist eine viel geringere, sie beträgt zuweilen nur wenige Quadratmeilen, und es kann vorkommen, daß die Braunkohlenlager selbst zu rein örtlichen, unbedeutenden Vorkommnissen herabsinken.

Bei ungestörter Lagerung geben die Kohlenflöze im allgemeinen das Bild einer Reihe von parallelen Platten ab, die oft auf weite Strecken in gleicher vertikaler Entfernung verlaufen und dann in zwei verschiedenen Schächten sehr leicht miteinander identifiziert werden können, auch wenn das zwischenliegende Gebiet nicht näher bekannt ist. Häufiger tritt aber der Fall ein, daß sich die Flöze im Streichen durch Zunahme oder Abnahme der Dicke der tauben Zwischenlagen bald voneinander entfernen, bald sich gegenseitig nähern, so daß dann eine Identifizierung mit größern Schwierigkeiten verbunden ist. Bei großer Mächtigkeit

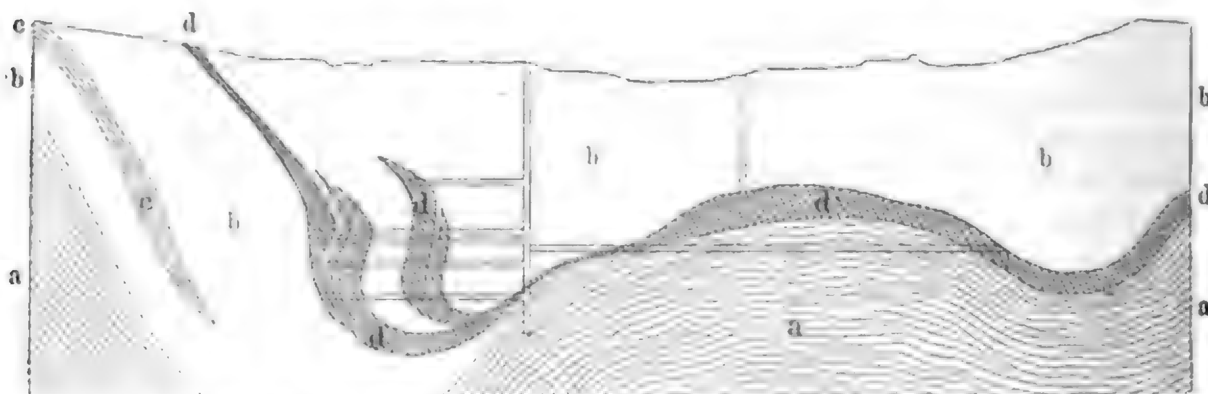
Digitized by Google

eines Flözes beobachtet man nicht selten die Einschaltung einer oder mehrerer dünnen, meist nur wenige Zentimeter mächtigen Lagen tauben Gesteines, welche das Flöz in zwei oder mehrere Teile scheiden (s. Abbildung, S. 745). Durch lokales mächtigeres Anschwellen derselben kann zuweilen selbst eine Teilung des ursprünglich einheitlichen Flözes in zwei oder mehrere Flöze erfolgen, deren Zusammenhang erst durch genaue Verfolgung der Flözbildung in der Grube erhoben und festgestellt werden kann. Ein schönes Beispiel bietet hierfür das Kohlenfeld von Südstaffordshire in England dar, wo sich das 30 Fuß mächtige Thickcoal-



Durchschnitt durch das Kohlenrevier von Kladno in Böhmen. a Grundgebirge — b Steinkohlenformation — c Kohlenflöz — d Verwerfungsklüfte — mm Meeresniveau. Vgl. Text, S. 751.

oder Tenyard-Flöz in neun bestimmte Flöze zerteilt, die zwar zusammengenommen die Gesamtmächtigkeit von 30 Fuß ergeben, aber durch 420 Fuß taube Zwischenmittel getrennt erscheinen. In solchen Fällen kann manchmal in einer gewissen Entfernung von der Teilungsstelle eine abermalige Vereinigung, ein Zusammenfließen der getrennten Flözteile erfolgen, in andern Fällen aber nehmen die tauben Zwischenlagen im Verlaufe des Streichens auf Kosten der Kohle bis zur völligen Verdrängung der letztern immer mehr überhand, und

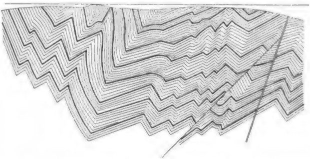


Profil über den östlichen Teil des Kohlenbeckens von Le Creuzot. (Nach Burat.) a Grauwacke — b kohlenführende Schichten — c Thon — d Steinkohle. Vgl. Text, S. 747 u. 751.

es tritt eine sogenannte Vertaubung oder Zerschlagung des Flözes ein. Manchmal erfolgt das Ausgehen der Kohlenflöze einfach dadurch, daß sie immer schwächer und schwächer werden und endlich ganz verschwinden, sich „auskeilen“.

Wenn die Bildung eines Kohlenflözes nahe dem Grundgebirge erfolgt ist, so erscheint dasselbe in seinem Verlaufe von der ursprünglich unebenen Unterlage abhängig, wie dies ein Durchschnitt aus dem Kohlenreviere von Kladno in Böhmen deutlich erkennen läßt (s. obenstehende Abbildung). Hier schmiegt sich das Kohlenflöz allen Unebenheiten der Basis an und hat überdies noch nachträglich einige kleine Verwerfungen erlitten. Das betreffende Profil gibt außerdem ein Beispiel für jenen seltenen Fall, wo in einem Kohlenreviere der Karbonformation nur ein Hauptflöz von bedeutender Mächtigkeit (12 m) zur Entwickelung gelangt ist, neben welchem ein Hangendflöz verläuft, welches nur $^1/_2$—1 m stark ist, aber in den oben dargestellten Durchschnitt nicht hineinfällt.

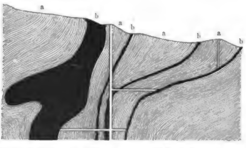
Große und interessante Veränderungen haben die Kohlenfelder unter der Einwirkung der Gebirgsbildung zu erleiden gehabt. Durch den hierbei entwickelten Massendruck erscheinen die Flöze bald schlangenförmig gewunden, bald zerzogen, zerrissen oder förmlich ausgewalzt, bald sind sie zu unförmlichen, mächtigen, gerundeten Klumpen zusammengeballt (s. Abbildung, S. 746 unten). In letzterm Falle kommt es zur Bildung abnorm mächtiger Kohlenstöcke, wie beim Hauptflöze des berühmten Revieres von Creuzot, welches Mächtigkeiten bis zu 60 m aufweist.



Durchschnitt durch das Kohlenfeld an der Worm bei Aachen.

So starke Unregelmäßigkeiten und Entstellungen wie solche, welche die kleinern Kohlenreviere in Südfrankreich aufzuweisen haben, sind, man kann im Intresse der Kohlengewinnung wohl sagen, glücklicherweise selten. Dagegen kommt es häufiger zur Bildung regelmäßig gefalteter und geknickter Kohlenflöze (s. obenstehende Abbildung), und Verwerfungen endlich fehlen selbst in dem ruhigst gelagerten Kohlenfelde wohl niemals vollständig.

Weitern wichtigen Veränderungen waren die Kohlenfelder durch die Wirksamkeit der Denudation ausgesetzt. Als Festlandsbildungen gelangten die meisten von ihnen nach Abschluß ihres Bildungsvorganges nicht unter den Meeresspiegel, sondern blieben Festländer und waren als solche der Abwaschung durch die Atmosphärilien oder benachbarter Meere zugänglich. Dadurch geschah es, daß sie nicht mehr ihre ursprüngliche Vollständigkeit zeigen. Was uns heute in Form einzelner getrennter Kohlenfelder vorliegt, ist oft nur der kärgliche Überrest einer ehemals viel ausgedehntern, zusammenhängenden Kohlenbildung.



Zusammenschiebung der Kohle („Große Masse") im Kohlenfelde von St.-Etienne. (Nach Burat.) a Kohlengebirge — b Kohle. Vgl. Text, S. 751.

Veränderungen geringfügigerer Art entstehen durch die freiwillige Selbstentzündung der Flöze und den Durchbruch vulkanischer Gesteine. Die erstere kann nur an den zu Tage ausgehenden, zersetzten Partien der Kohlenflöze eintreten, sie bewirkt eine Verkokung des brennenden Flözes, Zerklüftung der benachbarten Gesteine und Niederschlag von verschiedenen Sublimationsprodukten, namentlich Alaun, Schwefel und Salmiak. Einmal angefacht, aus Gründen, die übrigens noch nicht hinreichend aufgeklärt sind, kann der Brand viele Jahre, selbst jahrhundertelang fortdauern, wie der Erdbrand von Planitz im Zwickauer

Digitized by Google

Gebiete, der mindestens aus dem Anfange des 16. Jahrhunderts und wahrscheinlich noch aus älterer Zeit datiert. Vulkanische Durchbruchgesteine wirken ebenfalls verkokend auf die durchsetzte Kohle und verursachen säulenförmige Absonderung der verkokten Partien der Flöze.

So gleichartig denn auch, von einem höhern Gesichtspunkte betrachtet, die geologischen Verhältnisse der Kohlenfelder sich gestalten mögen, so bewirken doch die genannten Faktoren, namentlich die Gebirgsbildung und die Denudation, wie wir gesehen haben, nicht unbeträchtliche Verschiedenheiten, die sich zuweilen wohl der Beobachtung der Geologen entziehen würden, wenn sie nicht durch Grubenbaue in großartiger Weise aufgeschlossen würden.

Die ältesten fossilführenden Formationen, das Silur und Devon, sind sehr arm an Brennstoffen der Kohlengruppe. Gewisse silurische Schiefer in Deutschland und England, welche wegen ihres Reichtumes an Schwefelkies zur Darstellung von Eisenvitriol und Alaun verwendet und danach Alaunschiefer genannt werden, enthalten reichliche Beimengungen kohliger Stoffe, die aber doch nicht beträchtlich genug sind, um die Verwertung der Alaunschiefer als Brennmaterial zu gestatten. Schwache, unbauwürdige Kohlen- und Anthracitflöze kennt man im Bereiche silurischer Graptolithenschiefer in Portugal und in der Grafschaft Cork (Südschottland), im Obersilur von Irland, im Silur der Insel Man 2c. Ebenso enthält die Devonformation an einzelnen Orten in Spanien, China und Frankreich Kohlenflöze; Kohlenschiefer und graphitischer Anthracit treten an mehreren Punkten des Devon von Nordamerika auf. Außerdem beweisen die Graphitlager im archäischen Gneiß- und Glimmerschiefergebirge, daß die Kohlenbildung bereits vor Beginn der Silurperiode ihren Anfang genommen hat. Wenn es also auch in der Zeit vor der Kohlenformation an Kohlenbildungen keineswegs gemangelt hat, so ist doch die Menge der in den vorkarbonischen Formationen enthaltenen Kohle eine verschwindende gegen die enormen Kohlenreichtümer, die wir in der danach genannten Formation aufgespeichert finden. Nicht alle Schichten und Ausbildungsformen der Karbonformation sind indessen kohlenführend, da, wo sich zur Zeit dieser Formation nur marine Kalke, die sogenannten Berg- oder Kohlenkalke, gebildet haben, fehlen jegliche Spuren von Kohle, wo hingegen die Bedingungen für die Entstehung lymnischer Festlandsbildungen gegeben waren, da enthalten die letztern stets bald mehr, bald minder reiche Mengen dieses so höchst wertvollen Mineralkörpers.

Unter allen Ländern Europas nimmt in Bezug auf die räumliche Entwickelung der produktiven, flözführenden Kohlenformation **England** den ersten Rang ein; bedecken doch in diesem von der Natur so reich bedachten Lande die karbonischen Bildungen eine Fläche von nicht weniger als 480 Quadratmeilen. Die Angaben über die Verbreitung der Steinkohlenformation auf der Oberfläche eines Landes ermöglichen allerdings nur eine sehr grobe Vergleichung des Kohlenreichtumes, denn für den wahren Wert einer Ablagerung sind neben der Ausdehnung derselben auch noch andre Umstände bestimmend, wie die Beschaffenheit der Kohle, die Regelmäßigkeit oder Gestörtheit der Lagerung, das Verhältnis der Gesamtmächtigkeit der bauwürdigen Flöze zur Gesamtmächtigkeit des tauben Gesteines, die Neigung der Flöze zum Grubenbrande und zur Entwickelung von Grubengas, die Wasserführung der durchteuften Schichten, die Tiefe, in welcher die wichtigsten Flöze auftreten, 2c. Allein auch in Bezug auf diese Umstände sind die englischen Kohlenlager im allgemeinen mindestens ebenso günstig, vielfach sogar noch günstiger gestellt als die kontinentalen. Die geologische Karte zeigt uns, daß die produktive Kohlenformation in England in zahlreichen größern und kleinern isolierten Partien zu Tage tritt, welche sich in vier Gruppen zusammenfassen lassen.

Im Süden von England erscheint das große Kohlenfeld von South Wales, welches durch die Caermarthenbai in eine kleinere westliche und eine größere östliche Hälfte zerfällt. Daran lassen sich anreihen das Kohlenfeld von Bristol und das von Forest of Dean, westlich von der Mündung des Severn. Eine zweite Gruppe von Kohlenfeldern breitet

sich im Zentrum der britannischen Insel aus. Hier liegen die Reviere von Forest of Wyre, Shrewsbury, Coalbrook Dale, North Wales, Flintshire, South und North Staffordshire, South und North Lancashire, Warwickshire, Leicestershire, Yorkshire und Derbyshire, mit den großen Industrieorten Birmingham, Wolverhampton, Manchester, Chester, Liverpool, Leeds und Sheffield, ziemlich dicht gedrängt beisammen und erscheinen nur durch die Auflagerung geologisch jüngerer Bildungen voneinander getrennt. Die dritte Zone von Kohlenablagerungen tritt im nördlichen Teile von England auf und zwar das große Kohlenfeld von Newcastle und Durham an der Ostküste, das von Cumberland an der Westküste der Insel. Die vierte Gruppe endlich, aus den schottischen Kohlenrevieren des Clydebassins, von Mid-Lothian, Fifeshire, Ayrshire bestehend, lehnt sich nördlich an die Abhänge des Grampiangebirges an und erstreckt sich vom Firth of Forth der Ostküste fast ununterbrochen bis zur Westküste. Irland ist dagegen arm an Kohlenbildungen, ein großer Teil im Innern und im Südwesten der Insel wird vom Kohlenkalke eingenommen, dem nur an wenigen Punkten die produktive Kohlenformation aufgelagert erscheint.

Obwohl die Schichten der produktiven Kohlenformation sich gegenwärtig über einen sehr ansehnlichen Teil Großbritanniens erstrecken, haben die Studien der englischen Geologen und namentlich die von Hull erwiesen, daß die Ausdehnung der Kohlenablagerungen ehemals eine noch viel großartigere war.

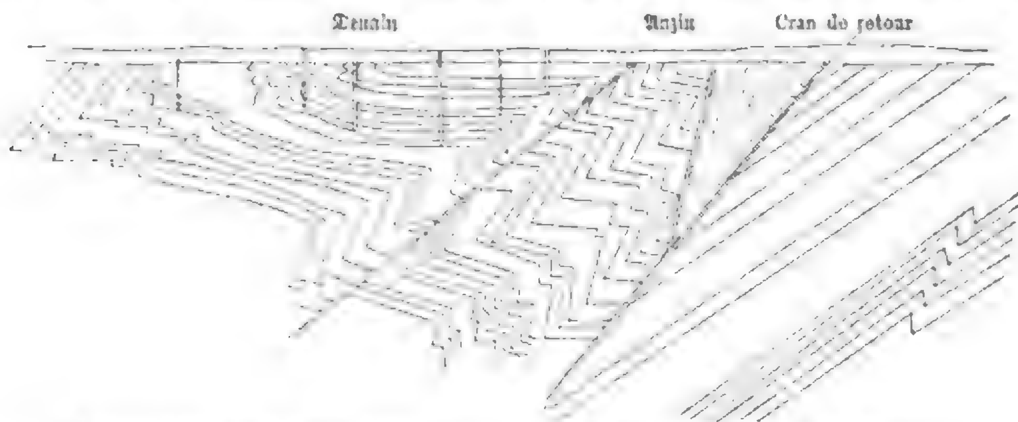
Die Steinkohlenbildungen von Großbritannien lehnen sich meistens gleichmäßig an devonische Schichten an und lassen sich in drei Abteilungen gliedern. Zu unterst liegen der rein marine Kohlenkalk und die Yoredale Rocks genannten marinen Kalkschiefer, dann folgt der flözleere Sandstein oder „Millstone Grit“, und den Schluß bildet die lymnische Ablagerung der produktiven Kohlenformation, der „Coal-measures“. Die größte Abweichung von diesem Typus bietet Schottland dar, wo sich statt des marinen Kohlenkalkes eine Reihe von Sandsteinen, Schiefern und Kalklagen von teils lymnischer, teils mariner Entstehung vorfindet und zwei kohlenführende Abteilungen zur Ausbildung gelangt sind. Die obere derselben entspricht den Coal-measures von England, während die untere aus Schiefern und Sandsteinen mit Kohlenflözen lymnischer Entstehung im Wechsel mit marinen Kalkbänken besteht und ihr Altersäquivalent wahrscheinlich im Millstone Grit Englands findet. Außerdem zeichnen sich die schottischen Kohlenablagerungen durch mehrfaches Eingreifen vulkanischer Bildungen ein.

Auf dem Kontinente tritt uns in dem schmalen, langgestreckten Zuge von Kohlenbildungen, welcher ungefähr aus der Gegend von Valenciennes in Nordostfrankreich in der Richtung von Westsüdwesten nach Ostnordosten über Belgien nach Nordwestdeutschland verläuft, die augenscheinliche Fortsetzung der englischen Kohlenformation entgegen. Die Verbindung, die ehemals eine lückenlose war, wird gegenwärtig nur durch einen spärlichen Überrest, das kleine Kohlenlager von Hardinghen bei Calais, hergestellt. Etwas weiter westlich, zwischen Béthune, Douai und Valenciennes, auf französischem Gebiete, erscheint das Kohlengebirge bereits als ein zusammenhängender Zug, liegt aber unter einer bis zu 140 und mehr Meter mächtigen Decke von oberkretacischen und tertiären wasserreichen Schichten verborgen. Nur durch Tiefbohrungen konnte man hier zur Kenntnis der unterirdischen Reichtümer gelangen.

Erst auf belgischem Boden, bei Mons und noch mehr weiter östlich, bei Charleroi, Namur und Lüttich, tritt die ununterbrochen fortstreichende Kohlenformation zu Tage aus, obwohl auch da jüngere Bedeckungen namentlich in den nördlichen Teilen des Zuges vorhanden sind. Östlich von Lüttich keilt sich das Kohlengebirge mit den beiden bei Aachen auf deutschem Gebiete gelegenen kleinen Becken an der Inde und Worm aus, um erst nordöstlich davon, in der Gegend von Duisburg am Rhein, wieder anzusetzen und von da,

ostnordöstlich in das Ruhrgebiet von Essen und Dortmund fortstreichend, das bedeutendste Kohlenfeld Deutschlands und des Kontinentes zu bilden.

Das eben umschriebene Band von Kohlenbildungen ist südlich von devonischen Schichten begrenzt und verschwindet im Norden und Westen unter der Bedeckung von Kreide und Tertiärablagerungen. Die Gliederung des Kohlengebirges weicht insofern von den englischen Verhältnissen ab, als sich hier in der westlichen Partie der flözleere Sandstein, der „Millstone Grit", nicht mehr als besondere Abteilung festhalten läßt, sondern der Kohlenkalk die Unterlage der flözführenden Schichten bildet. Zeigt sich die Kohlenformation schon in England mehrfach aufgerichtet und gefaltet, so ist dies in einem noch viel höhern Grade in Frankreich und Belgien der Fall. Die flachen Terrainwellen der Oberfläche lassen davon freilich nichts erkennen, allein die schönen Aufschlüsse der Bergbaue entwerfen uns ein großartiges Bild der Massenbewegungen, Brüche und Faltungen, die dieses Gebiet erlitten hat. Im allgemeinen kann die Ablagerung als eine von Süden nach Norden



Durchschnitt durch das Kohlenrevier von Valenciennes. (Nach H. Laporte.)

zusammengedrückte, überschobene Mulde aufgefaßt werden, deren Südflügel außerordentlich stark gefaltet und mehrfach zusammengeknickt ist, während der Nordflügel verhältnismäßig ungestört und flach liegt. Beide Flügel sind durch eine große, „grand faille" und „cran de retour" genannte Verwerfung getrennt, welche parallel dem Streichen der Mulde weithin verfolgt werden kann (s. obenstehende Abbildung). Außerdem sind noch andre untergeordnetere, aber auch nicht unbedeutende Verwerfungen vorhanden, welche in Verbindung mit den Knickungen der Flöze des Südflügels den Bergbau sehr erschweren.

Die beiden Kohlenbecken an der Worm und Inde bei Aachen zeigen schon einen einfachern geologischen Bau. Sie bilden zwei durch devonische Grauwacke und Kohlenkalk voneinander getrennte Mulden. Bei der erstern sind die beiden Flügel in sich mehrfach geknickt, die letztere dagegen ist vollkommen normal gebaut, so daß also hier die nachherigen Veränderungen durch Faltung weit geringer sind als in der westlichen Region. Noch unbeträchtlicher aber erscheinen sie in dem regelmäßig gebauten Kohlenfelde an der Ruhr. Die flözführenden Schichten bilden hier vier normale Mulden, welche durch Sättel von flözleerem Sandsteine getrennt sind. Die Hauptmulde ist die von Witten-Hörde; darauf folgt nach Norden die Mulde von Bochum, sodann die von Essen und endlich die von Duisburg. Die erstern Mulden sind in ihrem nördlichsten Teile, die letzte gänzlich von Kreidebildungen bedeckt. Die Gliederung und Beschaffenheit der Steinkohlenformation im Ruhrbecken weist in mehrfacher Hinsicht eigentümliche Verhältnisse auf; die Abteilung des flözleeren Sandsteines gewinnt hier wieder eine gewisse Selbständigkeit, und statt des Kohlenkalkes stellt sich als liegendste Gruppe eine unter der Bezeichnung „Kulm" zusammengefaßte Reihe von Schiefern, Sandsteinen und plattigen Kalken ein; nur im westlichsten

Teile des Ruhrbeckens ist der Kohlenkalk noch vertreten. Das flözführende System enthält drei Flözzüge mit 76 bauwürdigen und 54 unbauwürdigen Flözen.

An das Ruhrbecken sind in Deutschland zunächst das Saar-Revier bei Saarbrücken und die beiden oberschlesischen Kohlenbecken anzureihen. Das erstere bildet eine inselförmig aus der Bedeckung der geologisch jüngern Schichten des Rotliegenden und des Buntsandsteines hervorragende Scholle von produktiver Steinkohlenformation, deren Liegendes unbekannt ist. Von den oberschlesischen Kohlenfeldern liegt das eine bei Waldenburg am südwestlichen Rande des Eulengebirges. Es stellt sich als eine langgezogene, hufeisenförmige Mulde dar, deren östlicher und nördlicher Teil mit dem Hauptkohlenreichtume zu Preußisch-Schlesien gehört, während die kleinere westliche Flanke nach Böhmen fällt.

Ausgedehnter und großartiger ist das zweite oberschlesische Kohlenbecken, das sich zwischen den Abhängen der Sudeten im Westen, dem polnischen Hügellande im Osten und dem karpathischen Höhenzuge der Beskiden im Süden ausbreitet. Hier hat die Bergbauthätigkeit ein verhältnismäßig noch jugendliches Alter; die ersten Anfänge derselben reichen in das Jahr 1750 zurück. Im Osten reicht dieses Kohlenbecken bis nach Russisch-Polen (Dombrowa) und Galizien (Gegend von Krakau), im Südwesten nach Österreichisch-Schlesien und Mähren. Die älteste flözführende Schichtgruppe ist hier nach Stur die Ostrauer, die ihrem geologischen Alter nach noch in das Bereich der Kulmstufe fällt; erst die Flözgruppen von Karwin, Königshütte, Nikolai und Rybnik gehören der eigentlichen produktiven Kohlenformation an. Die Unterlage der Kohlenformation bildet im Krakauer Gebiete Kohlenkalk, im Ostrauer Gebiete und in Schlesien der Kulmschiefer und Kulmsandstein.

Kleinere Vorkommnisse von produktiver Kohlenformation beutet man in Deutschland bei Ibbenbüren, am Piesberge bei Osnabrück, im Plauenschen Grunde bei Dresden und in der Gegend von Chemnitz-Zwickau aus.

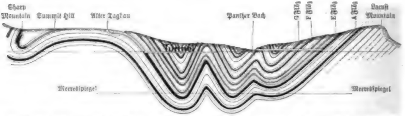
Alle bisher besprochenen Kohlenbecken der Karbonformation gehören mit Ausnahme des Saarbrückener und des im Plauenschen Grunde dem „paralischen“ Typus an. Ihnen kann man eine Reihe andrer Kohlenlager von rein lakustrer Entstehung entgegenstellen, die sich auf den uralten Festländern, den kristallinischen Massivs, oder am Rande derselben gebildet haben. Sie stehen fast stets mit Schichten des Rotliegenden oder der untern Permformation in innigem Verbande. Diese letztern sind dann ganz ähnlich entwickelt wie das Karbon und führen ebenfalls Kohlenflöze. So sehen wir auf dem böhmischen Massiv mehrere isolierte Schollen produktiver Kohlenformation in flacher Lagerung ausgebreitet, wie das sogenannte Pilsener Becken, die Becken von Kladno, Schlan, Rakonitz, Miröschau 2c. (s. Abbildung, S. 746 oben). Am Rande dieses Massivs verläuft bei Rossitz auf mährischem Boden ein Kohlenlager, welches in Form eines schmalen, gegen 14 km langen Zuges zwischen dem Glimmerschiefer des Massivs im Westen und dem Syenitzuge von Brünn im Osten eingekeilt erscheint.

Seine steile, gestörte Lagerung erinnert an die zahlreichen kleinen Kohlenlager am Zentralplateau von Frankreich, deren geologischer Bau schon im vorhergehenden Erwähnung gefunden hat (s. Abbildungen, S. 746 unten und S. 747 unten). Hierher gehören nebst manchen andern die Reviere von Autun-Epinac, Blanzy-Le Creuzot, St. Etienne bei Lyon und Alais am Ostrande, von Commentry und Bezenet am Nordrande des Plateaus. Obwohl ihre Ausdehnung nicht allzu groß ist, besitzen sie doch für das nicht allzu kohlenreiche Frankreich eine hohe Bedeutung.

In den Alpen und Karpathen spielen Gesteine der Kohlenformation zwar eine ziemlich beträchtliche Rolle, sind aber nur an wenig Stellen von abbauwürdigen Kohlenmengen begleitet. Zuweilen erscheint die Kohle in Anthracit verwandelt, wie an der Stangalpe und am Eisenhut an der Grenze zwischen Steiermark, Kärnten und Salzburg in den

Ostalpen und an mehreren Punkten von Savoyen, Unterwallis, der Dauphiné und dem Departement Isère in den Westalpen. Mit den alpinen sehr nahe übereinstimmende Verhältnisse bietet das Vorkommen von Jano in Toscana und San Sebastiano de Seni auf Sardinien. Zu den kohlenärmsten Ländern Europas gehört Italien. Spanien und Portugal dagegen verfügen wohl über mehrere Zonen von reichen Kohlenfeldern, nutzen aber bis jetzt ihren Kohlenreichtum nur in sehr geringem Maße aus.

Im Osten Europas ist die Kohlenformation außerordentlich verbreitet, freilich meist in der Ausbildungsweise des marinen Bergkalkes; nur in zwei Distrikten zeigt ein Teil der Schichten der Karbonformation die lymnische Facies mit Kohlenflözen, im Donezer und im zentralrussischen Kohlenbecken. Die flözführenden Schichten lagern auch hier auf marinem Kohlenkalke auf, bilden aber im Gegensatze zu der Entwickelung der entsprechenden Schichten in West- und Mitteleuropa nicht den Abschluß des Karbon, sondern werden abermals von marinem jüngern Kohlenkalke bedeckt. Im Donezer Becken, welches am Unterlaufe des Donez ein niederes Plateau von 386 QMeilen bildet, sind die Schichten stark gefaltet, und die Kohle erscheint teilweise in Anthracit verwandelt. In Zentralrußland



Profil durch den östlichen Teil des ersten Anthracitbassins. (Nach Höfer.) Die schraffierten Teile der Flöze bedeuten bereits abgebaute Partien.

dagegen erscheint die produktive Kohlenformation als flach gelagerte, 60 Meilen lange Mulde im Gebiete von Tula, Rjäsan, Kaluga, südlich von Moskau, und ihre Flöze führen eine unreine, pyritische Kohle von braunkohlenähnlicher Beschaffenheit.

Wie groß auch die Kohlenmengen sind, welche die Karbonformation in einzelnen Teilen Europas birgt, so erscheinen sie doch unbedeutend im Vergleiche zu dem enormen Reichtume an fossilem Brennstoffe, welchen dieselbe Formation in Nordamerika enthält. Das produktive Kohlengebirge erstreckt sich daselbst über sehr weite Strecken. Dana schätzt die steinkohlenführende Fläche Nordamerikas auf 193,000 englische QMeilen, während für Englands und Irlands Kohlenfelder nur 9000 englische QMeilen Oberfläche berechnet worden sind.

Man unterscheidet in Nordamerika sieben Kohlenfelder, von denen nur das akadische in den britischen Besitzungen gelegen ist, die übrigen gehören den Vereinigten Staaten an, nämlich das Kohlenfeld von Neu-England, das von Pennsylvanien, das appalachische, das von Michigan, das zentrale und das am Missouri. Wie in Europa, beginnt die Kohlenformation auch in Nordamerika mit dem marinen Bergkalke (Subkarbon der Amerikaner). Darüber liegt die produktive Kohlenformation. Dazwischen tritt ein dem Millstone Grit entsprechender Konglomerat- und Sandsteinkomplex.

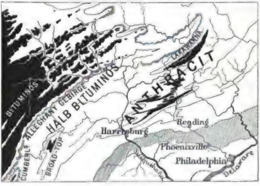
In Pennsylvanien, dem gegenwärtig am intensivsten ausgebeuteten Kohlengebiete Nordamerikas, ist die bituminöse Kohle durch Anthracit ersetzt. Zu regelmäßigen Sätteln und Mulden gefaltet (s. obenstehende Abbildung), welche parallel dem Küstensaume von Südsüdwesten nach Nordnordosten sich hinziehen, erscheint hier die Kohlenformation am Westabhange des Alleghanygebirges (s. Abbildung, S. 753 unten). Viele günstige Umstände

Digitized by Google

wirken zusammen, um diesem Gebiete eine hervorragende Bedeutung zu sichern, so zunächst die vorzügliche Beschaffenheit des Anthracits, die regelmäßige Lagerung, die geringe Tiefe, die nicht selten den Bestand von Tagbauen ermöglicht (s. beistehende Abbildung), und endlich das Vorhandensein von schiffbaren Flüssen, welche eine beträchtliche Erleichterung der Verfrachtung bedingen.

Flözausbiß der Grube Hollywood in Pennsylvanien. (Nach Chance.)

Westlich von der gefalteten Anthracitregion legen sich die Schichten immer flacher und flacher und bilden so das große nordamerikanische Tafelland, welches bis an die Gebirge des fernen Westens heranreicht. Hier liegen die großartigsten der amerikanischen Kohlenfelder. Das appalachische, von welchem der nördlichste, zu Pennsylvanien gehörige Teil in untenstehender Abbildung dargestellt erscheint, erstreckt sich von da bis nach Alabama im Süden mit einer Fläche von 59,000 englischen □Meilen. Östlich davon liegt das zentrale Gebiet von Illinois, welches von dem Missourigebiete nur durch das Erosionsterrain des Mississippi getrennt ist. Beide zusammen belegen eine Fläche von 125,000 englischen □Meilen. Dazu kommt noch der Michigandistrikt zwischen dem Michigan- und Huronsee mit 6700 englischen □Meilen. In diesen Gebieten liegt die Kohlenformation fast vollkommen flach und liefert nicht, wie der östliche Distrikt von Pennsylvanien, Anthracit, sondern bituminöse Steinkohle. Geht man von der Anthracitregion nach Westen, so gelangt man zunächst in ein Gebiet, wo die Kohle eine halb bituminöse, halb anthracitische Beschaffenheit besitzt, und in den völlig flach gelagerten, noch westlichern Teilen nimmt sie durchweg bituminösen Charakter an. Die großen Kohlenfelder des mittlern Gebietes von Nordamerika sind zum allergrößten Teile noch völlig unberührt; am intensivsten ausgebeutet er, scheint im Verhältnisse zu seiner Flächenausdehnung das pennsylvanische Anthracitgebiet, welches den großen Kulturzentren des amerikanischen Ostens am nächsten liegt.



Karte des Anthracit- und Kohlengebietes von Pennsylvanien. (Nach Dana.) Die schwarzen Flächen bezeichnen die Kohlenfelder, das schraffierte Band eine Zone von mesozoischem roten Sandsteine, die weißen Flächen zwischen dem letztern und den Kohlenfeldern werden durch Silur- und Devonbildungen eingenommen. Vgl Text, S. 752

Nur ein Land der Erde kann sich in Bezug auf Kohlenreichtum mit Nordamerika messen,

Digitized by Google

und dies ist China, über dessen ausgedehnte Kohlenfelder erst die Reisen v. Richthofens genügend Licht verbreitet haben. Auch in China vereinigen sich zahlreiche natürliche Umstände, welche die industrielle Entwickelung des Landes in hohem Grade begünstigen werden. Zu dem außerordentlichen Reichtume an Kohle gesellen sich auch noch große Eisenlager, die häufig mit der Kohle zusammen vorkommen; die Kohle selbst erscheint unter Lagerungsverhältnissen, die für den Abbau sehr förderlich sind. Die größten Kohlendistrikte endlich, die sich in den Provinzen Schensi und Schansi im Norden und in Setschuan im Süden des Reiches befinden, werden von den mächtigen, schiffbaren Strömen Hoangho und Jantsekiang durchzogen. Gegenwärtig ist die Kohlengewinnung in China, obwohl schon sehr alten Datums, noch immer eine sehr geringe und primitive; erst vor wenigen Jahren wurde der Versuch gemacht, Dampfmaschinen zur Förderung der Kohle in Verwendung zu bringen.

Neben den chinesischen und nordamerikanischen Kohlendistrikten kennt man auch in andern außereuropäischen Ländern mehr oder minder reiche kohlenführende Territorien der Karbonzeit, die hier bei der Knappheit des Raumes nicht weiter berührt werden können.

Obwohl die Bedingungen für die Kohlenbildung niemals so günstige und verbreitete waren wie zur Zeit der Karbonperiode, so enthält doch, wie folgende Beispiele zeigen sollen, jede der nachkarbonischen Formationen hier und da abbauwürdige Kohlenmengen. Von der Permformation wissen wir bereits, daß sie namentlich in solchen Gebieten Kohlen führt, wo sie mit der obern Stufe der produktiven Kohlenformation in engem Verbande steht.

Die Trias erweist sich in Europa namentlich in ihren obern Gliedern als kohlenführend. Dem Keuper sind zuweilen bauwürdige Kohlenflöze (sogenannte Lettenkohle) eingeschaltet, wie in Süddeutschland, Oberschlesien und Polen, dem Lunzer Sandsteine in den Niederösterreichischen Alpen, der rätischen Stufe in Höganäs in Schweden, auf der Insel Bornholm, an mehreren Punkten Frankreichs und nach v. Richthofen in China. Auch die Juraformation enthält Kohlenbildungen, von denen die des Lias die meiste Bedeutung besitzen. So enthält die litorale Facies der sogenannten Grestener Schichten in den Nordalpen, im Banat und in der Gegend von Fünfkirchen zahlreiche mächtige Flöze verkokbarer Backkohle von guter Beschaffenheit, welche für Österreich-Ungarn, einem an geologisch ältern Steinkohlen nicht allzu reichen Lande, von großer Bedeutung sind. Eines großen Kohlenreichtumes erfreuen sich ferner die ausgedehnten Liasbildungen, deren näheres geologisches Alter übrigens noch nicht ganz sichergestellt erscheint, im Kaukasus, in Transkaukasien, auf der Halbinsel Mangyschlak und im Elburzgebirge in Persien. In keinem andern Gebiete aber haben sich kohlenführende Festlandsablagerungen mesozoischen Alters in so großartigem Maßstabe gebildet wie auf dem kristallinischen Massiv von Bengalen, in Südafrika und Südostaustralien. In Ostindien stellt die sogenannte Gondwana Series eine bis zu 12,000 englische Fuß mächtige Folge von Sandsteinen und Schiefern mit Pflanzenresten, Konglomeraten und mächtigen Kohlenflözen dar, welche als ununterbrochene Süßwasserbildungen aus der Zeit des obern Perm bis in die Juraformation betrachtet werden müssen und ein ebenso hohes wissenschaftliches wie praktisches Interesse darbieten. Die Schichten der Gondwana Series bilden zwischen dem Ganges und der Godaweri im östlichen Teile der Dekhanhalbinsel zahlreiche ausgedehnte Kohlenbecken, deren nationalökonomische Bedeutung nicht gering anzuschlagen ist. Entsprechende Ablagerungen setzen die großen Kohlenfelder in Queensland und Neusüdwales (Australien) zusammen und bilden die kohlenreiche Karroo-Formation Südafrikas.

Die Kreideformation zeigt in manchen Stufen ebenfalls eine sublitorale oder lakustre Entwickelung, welche die Entstehung von Kohlenflözen ermöglichte. So tritt uns in der sogenannten Wälderthon- oder Wealdenstufe eine sublitorale Ausbildung der untersten Kreideformation entgegen, welche im nordwestlichen Deutschland Kohlenflöze enthält, die seit Jahren in lebhaftem Abbaue stehen. Eine etwas jüngere Kreidestufe, das Aptien, führt

Kohlen in der Provinz Teruel in Spanien, und auch in der obern Kreide kennt man abbauwürdige Kohlenmengen.

Viel reichlicher als in den mesozoischen Formationen haben sich Kohlenflöze zur Tertiärzeit gebildet, zeigen aber ausnahmslos schon die Merkmale echter Braunkohlen. Es gibt keine Stufe der so reich gegliederten Tertiärablagerungen, die nicht bald da, bald dort durch Kohlenführung ausgezeichnet wäre. Die Zahl der Braunkohlenlager ist eine so bedeutende, daß es nicht möglich ist, auch nur flüchtig auf Einzelheiten einzugehen; es mögen nur die für Deutschland und Österreich-Ungarn wichtigsten kurz Erwähnung finden. Deutschlands hauptsächlichste Braunkohlenformation ist das Oligocän; das Mitteloligocän führt Kohle in den ober- und niederrheinischen und hessischen Revieren, das Unteroligocän in der Magdeburger und Thüringer Mulde und in dem weit ausgedehnten Flachlande zwischen Elbe und Weichsel. Auch die Braunkohlenablagerung am Nordfuße der Bayrischen Alpen gehört dem Oligocän an. In Österreich-Ungarn zeichnet sich die Eocänformation namentlich im Graner Gebiete und im Küstenlande durch Kohlenführung aus, das Oligocän bei Häring in Tirol, in Untersteiermark und im Zsilythal in Siebenbürgen, das Miocän und die jüngern Tertiärschichten in Nordböhmen und in verschiedenen Teilen des großen österreichisch-steirisch-ungarischen Tertiärbeckens.

Die **Gesamtproduktion der Erde an Kohle** zeigt seit vielen Jahren, namentlich aber seit der Zeit, als die Dampfmaschine eine immer allgemeinere Verwendung fand, ein rasches, in den letzten Jahren sogar ein rapides Anwachsen. Sie betrug nach **Williams** im Jahre 1880 ungefähr 328,69, im Jahre 1881: 360,8, im Jahre 1884 gar 406,38 Millionen Tonnen. Daran sind die einzelnen Staaten in folgender Weise beteiligt:

Staaten	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen	Jahr	Tonnen
England und Irland . . .	1879	134,008,228	1881	154,184,300	1884	160,757,815
Verein. Staaten v. Nordamerika	1877	54,398,250	„	76,679,491	1884	106,906,295
Deutschland	1877	48,296,367	„	61,540,475	1883	70,442,618
Frankreich	1877	16,877,200	„	19,909,057	1884	20,127,209
Belgien	1878	14,899,175	„	17,500,000	1884	18,041,000
Österreich-Ungarn	1876	14,252,038	„	19,000,000	1883	17,047,961
Rußland	1876	1,824,868	„	3,255,000	1882	3,742,380
Neusüdwales	1877	1,444,271	„	1,775,224[1]		—
Spanien	1873	699,500	„	800,000	1880	847,128
Britisch-Indien		500,000	„	4,000,000		—
Neuschottland	1879	688,626	„	1,124,270		—
Kanada	1877	757,796		—		—
Queensland	1877	60,918		—		—
Vancouver-Island	1878	145,542	„	325,000		—
Japan		—	„	800,000		—
Schweden		—		—	1882	250,000
Italien		—		—	1882	220,000
Andre Länder		—		—	1883	8,000,000

[1] Produktionsziffer für ganz Australien.

Aus der voranstehenden Tabelle ergibt sich, daß die Produktionsziffern mit dem natürlichen Kohlenreichtume nicht immer im Einklange stehen. So steht England an der Spitze der Kohlenproduzenten und liefert fast die Hälfte der gesamten Produktion der Erde, obwohl seine kohlenführende Area bei weitem nicht die größte ist. Die gewaltige Überlegenheit Englands auf diesem Erzeugungsgebiete ist nur zum Teile von der Natur vorgeschrieben, sie ist mehr eine geschichtliche und wird in dem Maße verhältnismäßig kleiner werden, als die Industrie andrer kohlenreicher Länder erstarken, sich zunächst von England

emanzipieren und schließlich damit in Wettkampf eintreten wird. Aber noch aus einem andern Grunde wird England seine Stellung als erstes kohleproduzierendes Land der Erde nicht aufrecht erhalten können: durch die intensive Ausbeutung der unterirdischen Kapitalien dieses Landes muß eine allmähliche Erschöpfung derselben eintreten, und schon vor mehreren Jahren haben englische Forscher, besorgt um die Zukunft, die Frage aufgeworfen, für wie lange wohl noch die unterirdischen Kohlenvorräte vorhalten möchten. Der Regierung schien diese Frage von so ernster Bedeutung, daß im Jahre 1871 eine parlamentarische Kommission mit der Untersuchung derselben betraut wurde. Hull hat im Jahre 1860 die bis zu einer Tiefe von 4000 engl. Fuß vorhandenen Kohlenvorräte auf 79,843 Millionen Tonnen berechnet, während die erwähnte Parlamentskommission zu der etwas günstigern Ziffer von 146,480 Millionen Tonnen gelangt ist. Nimmt man an, daß der Kohlenkonsum fortwährend in demselben Maße steigt wie bisher, so würden die Kohlenvorräte Englands nur noch für 360, nach andrer Berechnung gar nur für 276 Jahre vorhalten. Greenwell gibt die am 1. Januar 1882 noch vorhandene unterirdische Kohlenmenge Englands mit 86,840 Millionen Tonnen an. Derartige Berechnungen können aus vielen Gründen nur Näherungswerte liefern, und es ist begreiflich, daß die gewonnenen Ziffern ziemlich stark voneinander abweichen. Die Kohlenmenge allein ist indessen nicht das einzig Maßgebende, es werden auch die Kosten der Produktion zu berücksichtigen sein, und da kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß sich diese mit zunehmender Tiefe der Grubenbauten erheblich steigern werden und andre Länder, zunächst Nordamerika, viel billiger zu produzieren im stande sein werden als England. So wie England gegenwärtig der Hauptindustrieherd der Welt ist, so dürfte diese Rolle allmählich an Nordamerika übergehen, und noch später dürfte sich auch China in den Vordergrund stellen, ein Land, welches nicht nur über gleich große Vorräte an Kohle wie Nordamerika verfügt, sondern auch von einer betriebsamen und fleißigen Bevölkerung, die ihre konservative Sonderstellung schon jetzt teilweise aufzugeben beginnt, bewohnt wird.

Auf dem Kontinente wurde die Kohlengewinnung in frühern Jahren namentlich von Belgien und Frankreich sehr intensiv betrieben, und gegenwärtig sind diese beiden Länder einer besonders erheblichen Steigerung ihrer Produktion kaum noch fähig. Etwas günstiger ist Deutschland gestellt, dessen Kohlenfelder weit weniger erschöpft sind als die französischen und belgischen, und wohl auch Österreich-Ungarn, das namentlich über große Vorräte an Braunkohle verfügt. Von den übrigen europäischen Ländern könnten namentlich Rußland und Spanien eine weitaus größere Kohlenmenge zu Tage fördern, als dies jetzt der Fall ist. Die außereuropäischen Länder verbrauchen von ihren Kohlenreichtümern durchweg nur den geringsten Teil. Wie großen Einfluß die Kohlenproduktion auf die Eisengewinnung ausübt, wird bei dem Abschnitte über das Eisen gezeigt werden.

Erdöl, Erdwachs, Asphalt. Wie die Kohlen eine genetisch zusammenhängende Reihe von brennlichen Fossilstoffen organischer Herkunft vorstellen, so bilden auch Erdöl, Erdwachs und Asphalt eine zusammengehörige Gruppe von Stoffen, welche sich durch ähnliche chemische Beschaffenheit und Entstehung als nahe verwandt erweisen. Die Glieder dieser zweiten Reihe können feste oder flüssige Form annehmen und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den Kohlen, daß sie nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen, mit Ausschluß des den Kohlen niemals fehlenden Sauerstoffes.

Unter den natürlichen Kohlenwasserstoffverbindungen beansprucht das Erdöl (Petroleum, Steinöl, Bergöl, Naphtha) die größte Bedeutung. Während die Kohle eine lange Geschichte hinter sich hat, ist das Erdöl erst vor ungefähr einem Vierteljahrhundert in den Kreis derjenigen Naturprodukte einbezogen worden, die der Mensch zum Zwecke kultureller Verwendung in großem Maßstabe ausbeutet, obwohl sein Vorkommen an sich schon seit

den ältesten Zeiten bekannt war. Dies erhärten zahlreiche alte Ortsnamen in allen Erdölrevieren, die vom Vorkommen dieses merkwürdigen Stoffes herzuleiten sind. Aus dem klassischen Altertume und dem Mittelalter liegen auch historische Daten über die Verwendung von Erdöl vor, welches meist als Schmiermittel und als Arznei, doch auch als Brennmaterial ausgenutzt wurde. Das Erdöl von Agrigent wurde als sizilisches Öl in Lampen gebrannt, ebenso das Öl der Insel Zante. Das Erdöl von Amiano diente im 18. Jahrhundert in Genua einige Zeitlang sogar zur Straßenbeleuchtung. Das Erdöl von Tegernsee in Bayern galt unter dem Namen St. Quirinus-Öl als Arznei, und im Altertume bildete das Erdöl eine Art Universalmittel. In Nordamerika waren die Indianer mit dem Vorkommen des Erdöles ebenfalls vertraut; sie gewannen es in kleinen, seichten Gruben und brachten es unter dem Namen Seneca-Öl in den Handel.

Doch erst als es im Jahre 1859 in Pennsylvanien gelungen war, durch Tiefbohrungen bedeutende Mengen von Petroleum dem Schoße der Erde abzuringen, und als man fast gleichzeitig in Amerika und in Galizien gelernt hatte, aus dem Rohöle ein als Leuchtstoff brauchbares Destillationsprodukt herzustellen, entstand mit wirklich beispielloser Raschheit die eigentliche Petroleumindustrie, welche sich im Fluge eine hohe wirtschaftliche Bedeutung eroberte.

Das Erdöl ist keine einfache Verbindung, sondern stellt sich als ein Gemenge mehrerer Kohlenwasserstoffverbindungen dar, die verschiedene Dichte, verschiedenen Siedepunkt und verschiedene Entzündbarkeit besitzen. Meist sind es Verbindungen, die nach der allgemeinen Formel C_nH_{2n+2} gebaut sind:

		Spezifisches Gewicht	Kohlenstoff (C)	Wasserstoff (H)	Siedepunkt
Pentylhydrür (Amylwasserstoff) . .	C_5H_{12}	0,61	83,3	16,7	30°
Hexylhydrür (Caproyl)	C_6H_{14}	0,676	83,7	16,3	61°
Heptylhydrür (Önanthyl)	C_7H_{16}	0,701	84,0	16,0	90°
Oktylhydrür (Pelargyl)	C_8H_{18}	0,737	84,2	15,8	119°
Nonylhydrür	C_9H_{20}	0,756	84,1	15,6	150°

In manchen Erdölvorkommen sind die Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe C_nH_{2n-6} nachgewiesen worden, deren spezifisches Gewicht ungefähr 0,86 beträgt.

		Siedepunkt	Kohlenstoff (C)	Wasserstoff (H)
Benzol	C_6H_6	82°	92,3	7,7
Toluol	C_7H_8	111°	91,3	8,7
Xylol	C_8H_{10}	139°	90,6	9,4
Cumol	C_9H_{12}	148°	90,0	10,0
Cymol	$C_{10}H_{14}$	175°	89,5	10,5

Je nach dem Vorherrschen der schwereren oder der leichtern Verbindungen in einem bestimmten Rohöle unterscheidet man im allgemeinen sogenannte „schwere“ und „leichte Öle“; die erstern, mehr dunkel gefärbten Öle führen durch den halbflüssigen braunen Bergteer zum Asphalt, während die Reihe der heller gefärbten leichten Öle in dampfförmige Glieder ausgeht.

Die Anwesenheit von Rohöl in der Erdrinde verrät sich auf mannigfaltige Weise. An einzelnen Orten der Erdölreviere treten an der Oberfläche von Wasserspiegeln kleine Ansammlungen von Erdöl auf, welche sich durch irisierende Färbung und intensiv-aromatischen Geruch leicht kenntlich machen. An andern Orten quillt das Erdöl direkt aus der Erde hervor, oder statt dessen finden fortdauernde Ausströmungen von Kohlenwasserstoffgasen statt, welche, angezündet, brennen und die sogenannten ewigen Feuer bedingen.

Bei näherer Untersuchung der Stellen, wo das Erdöl hervorkommt, erkennt man, daß daselbst entweder eine mit Öl durchtränkte Gesteinsschicht zu Tage ausgeht, oder aber nur eine sekundäre Infiltration von Öl, dessen eigentlicher Sitz in größerer Tiefe gelegen ist, vorliegt. Im erstern Falle kennt man dann bereits die Ölschicht, im letztern muß man sie erst durch Abteufen von Schächten oder durch Bohrungen nachweisen. Solche Ölschichten werden stets von Gesteinen gebildet, deren Zusammenhang nicht ganz lückenlos ist, wie von Sandsteinen, Konglomeraten, Sanden, zelligen Kalken, deren kleinere oder größere Hohlräume gänzlich mit Öl und Ölgasen erfüllt erscheinen. Derartige ölführende Schichten konnten sich wie die Kohlen zu allen Zeiten der Erdgeschichte und in den verschiedensten Gegenden gebildet haben, und wir finden denn auch in der That die Ölvorkommnisse auf alle Formationen und auf alle Teile der Erde verteilt, wenn auch nicht alle die gleiche wissenschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung in Anspruch nehmen können. Den ersten Rang behaupten trotz der in der letzten Zeit mächtig aufgeblühten kaukasischen Konkurrenz wohl noch immer die nordamerikanischen Ölreviere.

In Nordamerika tritt das Erdöl namentlich in fünf Gebieten auf: in der Gegend von Enniskillen in Kanada, zwischen dem Huron- und Eriesee, im Bezirke von Gaspé in Nordkanada an der Mündung des Lawrencestromes, in Pennsylvanien zwischen dem Eriesee und Pittsburg, in Ohio und Virginien und endlich in Kentucky und Tennessee; seit 1878 ist es auch in Kalifornien bekannt. Mit Ausnahme des wirtschaftlich untergeordneten Vorkommens von Gaspé, das aber durch sein hohes geologisches Alter (Silur) Interesse erregt, liegen alle diese Gebiete westlich vom Alleghanygebirge, im nordamerikanischen flachen Tafellande. Die daselbst auftretenden Formationen sind, wie schon bei Besprechung der nordamerikanischen Kohlenfelder hervorgehoben wurde, die Kohlen- und die Devonformation. Die letztere ist es ausschließlich, welche das Erdöl in so reichlicher Menge spendet. Als das älteste devonische Schichtsystem stellt sich die Corniferous-Gruppe dar, welche aus einem zelligen Kalksteine mit zahlreichen Korallenresten und Hornsteinen besteht. Auf diese folgt die Hamilton-Gruppe, zusammengesetzt aus grauen und schwärzlichen bituminösen Schiefern, und sodann die Chemung-Gruppe, die aus Schieferthonen, Schiefern, Sandsteinen und Konglomeraten gebildet wird. Die Chemung-Gruppe wird gewöhnlich von den schwarzen und braunen Schiefern des Subkarbon und dieses von der eigentlichen Steinkohlenformation mit Kohlenflözen überlagert. Das Einfallen der genannten Schichten ist flach, fast horizontal.

Pennsylvanien gewinnt sein Öl aus der Chemung-Gruppe, Kanada aus den geologisch ältern Kalken der Corniferous-Gruppe. In den schwarzen Schiefern und Thonen der Chemung-Gruppe finden sich nämlich einzelne Schichten von Sandsteinen, Sanden und Konglomeraten in verschiedenen Niveaus eingeschaltet, die das Rohöl beherbergen. Gewöhnlich werden in den Ölschächten und Bohrlöchern drei Horizonte von Ölsand oder -Sandstein angetroffen, welche als der erste, zweite und dritte Ölsand bezeichnet werden, jedoch nicht auf weite Strecken hin anhalten, sondern sich bald früher, bald später nach allen Richtungen hin auskeilen. Die Gewinnung des Rohöles geschieht mittels Schachtabteufung oder häufiger durch Bohrungen, welche in bedeutende Tiefen (1300—1700 Fuß), niedergebracht werden. Die Nähe der Ölsande pflegt sich in den Bohrlöchern zunächst durch lebhaften, oft stürmischen Austritt von Ölgasen zu verraten, welche innerhalb der porösen Sandsteine und in den Klüften derselben in hochgespanntem Zustande angesammelt sind. Sie sind es wohl auch, deren Druck nach Erreichung einer hinlänglich ölreichen Schicht das Überquellen des Öles über den Schachtkranz und die Bildung von Springquellen verursacht. Eine der berühmtesten Springquellen war der intermittierende Lady Hunter-Well, 4 km von Petrolia City. Nach halbstündiger Ruhe ließ sich aus der Tiefe des Bohrloches

Getöse vernehmen, dann stieg plötzlich ein großer, mächtiger Ölstrahl bis zu 3 m in die Höhe, in wenigen Minuten trat aber wieder Ruhe ein. In den ersten Tagen soll dieser Brunnen täglich 4770 hl Öl geliefert haben. In Fällen, wo der Druck zu gering ist, um ein Überquellen des Öles zu verursachen, muß das Öl mittels Pumpwerken zu Tage gefördert werden. Bemerkenswert, aber noch nicht genügend erklärt ist der Umstand, daß das Öl so häufig von salzigem Wasser begleitet wird. Der Ölreichtum der einzelnen Brunnen ist sehr wechselnd; eine ziemlich große Anzahl von Brunnen, welche keinen Ölsand antrafen, sind unproduktiv, andre wieder überreich. Durchschnittlich dauert die Ergiebigkeit einzelner Brunnen nicht länger als 2—3 Jahre. Manche Bohrungen haben nur Ölgase geliefert, welche in großen Mengen und merkwürdigerweise oft viele Jahre hindurch mit nahezu gleich bleibender Stärke herausströmen und zur Beleuchtung und Beheizung von Städten, als motorische Kraft oder bei metallurgischen Prozessen in hervorragender Weise Verwendung finden.

Die räumliche Ausdehnung des pennsylvanischen Ölgebietes beträgt ungefähr 8064 qkm, wovon aber nur der zehnte Teil als wirklich ergiebig betrachtet werden kann. Man unterscheidet zwei Hauptölregionen: die obere, am Oil Creek gelegene mit den Hauptorten Titusville, Oil City, Petroleumcentre, Tideout, Pleasantville und eine untere am Alleghany River mit den Hauptorten Petrolia und Lawrenceburg. Unter ähnlichen geologischen Verhältnissen wie in Pennsylvanien tritt das Erdöl auch in Nord- und Süd-Ohio und in Westvirginien auf, wo es ebenfalls der Chemung-Gruppe angehört. Auch in Kentucky-Tennessee kommt das Öl in schwarzen Schiefern der Devonformation vor. An wirtschaftlicher Bedeutung treten jedoch diese Gebiete weit hinter Pennsylvanien zurück.

Bietet uns Nordamerika Erdöl von sehr hohem geologischen Alter, so bilden die Ölgebiete Kaukasiens Beispiele von geologisch sehr jungen Ölvorkommnissen. Das westkaukasische Ölgebiet beginnt auf der Halbinsel Kertsch und findet seine Fortsetzung auf der Halbinsel Taman und dem Nordabhange des westlichen Kaukasus. Trotzdem hier im Kuda Ko (Naphthathal) ein mächtiger Ölspringquell erbohrt wurde, welcher in 57 Tagen 82,452 Eimer Rohöl geliefert hat, vermochte dieses Gebiet, gedrückt von dem außerordentlichen Ölreichtume von Baku, noch nicht zu einer seiner Ausdehnung und Ölführung entsprechenden ökonomischen Bedeutung zu gelangen, ebensowenig wie die Petroleumterrains in der Umgebung von Tiflis, am Terekflusse, bei Wladikawkas und bei Derbent und Petrowsk am Kaspisee. In neuester Zeit wurde noch weiter östlich in der Turkmenensteppe ein Ölgebiet entdeckt, welches aber trotz seines Reichtumes infolge seiner ungünstigen Lage ebenfalls noch längere Zeit unbenutzt bleiben dürfte.

Das Ölgebiet von Baku auf der Halbinsel Apscheron am östlichen Ende des Kaukasus hat eine nur geringe Ausdehnung. Es umfaßt in seinen beiden Revieren Balachane-Zapuntsche und Baibat einen Flächenraum von nur 8 qkm, innerhalb dessen sind aber die flach gelagerten jungtertiären Schichten, die den Boden zusammensetzen, mit Erdöl wahrhaft überreich durchtränkt. Das Tertiär besteht daselbst aus zwei Abteilungen, einer obern, die aus ölfreien, muschelreichen Kalken der Kongerienstufe gebildet wird, und einer untern, die aus Thonen, Sanden und schieferigen Sandsteinen zusammengesetzt wird und den Ölreichtum beherbergt. Wo immer man in dieser untern Abteilung eine Bohrung anlegt, stößt man schon in geringer Tiefe (ca. 40—50 m) auf reichliche Mengen von Erdöl, die anfangs, während eines Zeitraumes von ungefähr acht Tagen, in Form mehr oder minder mächtiger Fontänen herausgeschleudert werden. Eine derselben sprang über 40 m hoch, ein Druck von 12 Atmosphären wurde dabei mit dem Manometer erhoben. Beim Springen einer Fontäne wird stets zuerst Sand ausgeworfen, dem erst das Öl nachfolgt. Die nach einer Photographie angefertigte Abbildung auf S. 760 zeigt einen derartigen prächtigen Springquell in jenem Stadium, wo Sand mit Öl zugleich herausgeschleudert wird.

Von der Größe des Ölreichtumes Bakus gibt die Thatsache einen Begriff, daß Brunnen, die weniger als 1000 Pud (= 163 Meterzentner) im Tage geben, als nicht produktiv angesehen werden. Im Gebiete Balachane-Zapuntsche befinden sich 500 Brunnen, von denen ungefähr die Hälfte produktiv ist. Die reichsten Ölmengen ergaben 10 Brunnen, die im Verlaufe von 2 bis 3 Monaten je über 5 Millionen Pud (= 819,000 Meterzentner) Rohöl lieferten. Man kennt gegenwärtig kein zweites Ölgebiet, wo in einem so kleinen Raume eine solche riesige Menge Öl aufgespeichert wäre wie bei Baku. Nur in einer Hinsicht steht Baku den meisten andern Ölgebieten weit nach, nämlich in Bezug auf die Qualität des Öles, welches, überreich an schweren Kohlenwasserstoffen und Paraffin, verhältnismäßig wenig Leuchtöl (etwa 23 Prozent) und viel Destillationsrückstände ergibt, welche in großen Mengen schwer verwertbar sind.

Springquelle in Baku, Kaukasus. Vgl. Text, S. 759.

Im Gebiete von Baku sind an das Ölvorkommen interessante Begleiterscheinungen geknüpft. An mehreren Punkten kennt man daselbst Gasausströmungen, von denen die zu Surachany früher die sogenannten heiligen Feuer speisten, zu denen ehemals große Scharen indischer Feueranbeter wallfahrteten. Gegenwärtig werden diese Gasausströmungen nach amerikanischem Muster zur Erheizung der Raffineriekessel und zur Beleuchtung von Fabrikanlagen benutzt. Eine andre merkwürdige Erscheinung bieten die Schlammvulkane oder Salsen, die namentlich bei Balachane auftreten. Es sind dies niedrige, kraterähnliche Schlammkegel, welche von Zeit zu Zeit Schlamm und Gesteinsstücke, vermengt mit salzigem Wasser und Erdöl, unter Ausströmungen von Kohlenwasserstoffgasen auswerfen. Man darf diese Erscheinung nicht mit der echt vulkanischen Thätigkeit der Erde in Zusammenhang bringen; die hohe Gasspannung der reichlich vorhandenen Kohlenwasserstoffe bewirkt bei weicher, schlammiger Beschaffenheit der Schichten, daß an gewissen Orten bald dauernd, bald nur zeitweilig Schlamm und Gesteine in der beschriebenen Weise ausgeworfen werden. Auch auf Kertsch und Taman erscheinen Schlammvulkane als Begleiter der Kohlenwasserstofführung der dortigen Tertiärschichten.

Unter ganz ähnlichen Verhältnissen wie bei Baku tritt das Erdöl in der Walachei, am Südabhange der transsylvanischen Alpen, in den Distrikten Dembowitza, Prahowa und Buzeu auf. Auch hier wird das Öl in den mürben Sandsteinen, Sanden und sandigen Schiefern der untern Partie der Kongerienschichten in häufig so beträchtlicher Menge angetroffen, daß das rumänische Öl eine ziemlich hervorragende wirtschaftliche Bedeutung erlangt hat. In der Moldau wird namentlich im Bezirke Bacau Öl gewonnen, welches teils aus dem ältern Tertiär, teils aus dem miocänen Salzthone stammt. Ein ferneres großes Ölgebiet sind die Karpathen von Galizien, Oberungarn und die Bukowina, mit denen die Moldau in direktem Zusammenhange steht. Die Karpathen bilden in dem hier in Betracht kommenden Teile ein aus sehr einförmigen sandig-schieferig-thonigen Gesteinen der Kreide- und der ältern Tertiärformation, sogenannten „Flysch“-Gesteinen,

Digitized by Google

zusammengesetztes Kettengebirge mit einem vorherrschend von Südosten nach Nordwesten gerichteten Streichen. Sowohl gewisse kretacische (Ropianka-Schichten) als alttertiäre Glieder (obere Hieroglyphenschichten, Menilitschiefer, Ciezkowicer Sandsteine) und die die Karpathen im Norden umsäumenden miocänen Salzthone enthalten an vielen Punkten Öl, jedoch in Mengen, die den amerikanischen, kaukasischen und selbst den rumänischen meistens weit nachstehen. Während bei Baku große Ölmengen auf einem kleinen Raume angehäuft sind, erscheint der karpathische Ölreichtum auf die große, weit ausgedehnte Fläche der ganzen Flyschzone der Karpathen verteilt. Die Zahl der Ölfundpunkte ist demnach eine sehr große, die Produktionsziffer bleibt dagegen weit hinter Kaukasien und Nordamerika zurück. Oligocäne Flyschschichten sind es auch, die bei Tegernsee in Oberbayern unbedeutende Ölmengen enthalten (St. Quirinus-Öl). Dem untern und mittlern Oligocän gehören die kleinen Öl- und Asphaltlager von Pechelbronn, Schwabweiler und Löbsann im Unterelsaß an.

Tertiären Alters sind ferner die Erdölvorkommnisse in den italienischen Provinzen Parma, Modena, Reggio und Chieti, welche durch ihre Verbindung mit Schlammvulkanen, Kohlenwasserstoffausströmungen und Salzquellen Interesse erregen. Auch in Braunschweig und Hannover sind vor einigen Jahren Bohrungen auf Erdöl unternommen worden, die jedoch nur zum Teile ein günstiges Resultat ergeben haben. Ostasien besitzt im Pandschab, in Birma und in Japan ausgedehnte und teilweise auch seit langer Zeit ausgebeutete Ölfelder, Südamerika in den Provinzen Jujuy und Mendoza in der Argentinischen Republik. Auch Neuseeland ist durch ein nicht unbedeutendes Ölvorkommen ausgezeichnet.

Wie das Erdöl, so findet man auch den halbstarren Asphalt und das Bitumen überhaupt in allen Formationen vor. Seit alter Zeit ist das Vorkommen von Asphalt (Judenpech, Erdpech) am Toten Meere bekannt, wo er häufig auf der Oberfläche schwimmend gefunden wird. Auf der Insel Trinidad an der Küste Südamerikas besteht ein in Tertiärschichten eingesenkter See von 2 km Durchmesser, der mit einer ziemlich festen Asphaltkruste überzogen ist. Von den europäischen Lagern sind am wichtigsten das im Val Travers bei Neuchâtel, wo der Asphalt den dichten Kalkstein des Urgonien (untere Kreide) durchzieht, ferner das von Lobsann im Unterelsaß, wo Asphaltkalk im untern Oligocän eingelagert ist. Guten Asphaltkalk liefern die oberjurassischen Pterocieraskalke bei Limmer (Hannover).

Viel seltener als Erdöl und Asphalt ist das Erdwachs (Ozokerit). Es bildet einen dichten, wachsartigen, gelbbraun bis hyacinthrot gefärbten Körper, welcher aus ungefähr 84 Prozent Kohlenstoff und 16 Prozent Wasserstoff zusammengesetzt ist. Auch der Ozokerit ist ein Gemenge mehrerer Kohlenwasserstoffverbindungen (nach der Formel CH_2), die zwischen 56 und 82° schmelzen. Zuerst von Slanik in der Moldau bekannt geworden, findet er sich hauptsächlich in der miocänen Salzformation am Nordfuße der Karpathen, in Boryslaw und Truskawiec (Ostgalizien). Die Lokalität Boryslaw ist die einzige, wo das sehr wertvolle Erdwachs in größern Mengen gefördert wird. Es kommt nur auf einem Flächenraume von ungefähr 150 Joch vor, auf welchem nicht weniger als 12,000 Schächte angelegt wurden. Das Erdwachs bildet zum Teile regelmäßige Schichten, zum Teile erfüllt es die Klüfte im Gesteine, in welche es als weicher Körper durch den Gebirgsdruck eingepreßt wurde. Gegenwärtig hat die Produktion infolge des überstürzten, fieberhaften Raubbaues den Höhepunkt bereits überschritten.

Seiner Herkunft nach ist das Erdöl und die ihm verwandten Körper auf ehemalige organische Substanzen zurückzuführen. Wie es im Laboratorium gelingt, aus organischen Substanzen durch trockne Destillation leichte wie schwere Kohlenwasserstoffe zu erzeugen, so konnte auch die Natur im Verlaufe großer Zeiträume diesen Prozeß durchführen. Die zahlreichen bituminösen Schiefer, die man überall in allen Formationen vorfindet, wurden

ehemals an einzelnen Orten zur fabrikmäßigen Darstellung von Steinöl und Paraffin ausgenutzt, wie die Liasschiefer in Schwaben und im Banat. Das Bitumen dieser Schiefer wurde von jeher mit den in diesen Schiefern enthaltenen Tierresten in ursächlichen Zusammenhang gebracht. An einzelnen Stellen der Erdrinde können wir noch heute die Bildung von Erdöl aus Organismen verfolgen, wie dies die Beobachtungen von O. Fraas an der Küste des Roten Meeres gezeigt haben. Im Korallenriffe des Djebel Zeit bei El Tor befinden sich kleine Petroleumgruben in Form kleiner Löcher, die in das Riff, wenige Schritte vom Ufer entfernt, gegraben werden, so daß darin das Seewasser im Niveau des Meeresspiegels steht. Auf dem Wasser, aus dem sich widerliche Gase entwickeln, sammelt sich eine grünlich-braune irisierende Flüssigkeit an, welche ganz augenscheinlich aus dem Korallenriffe quillt. Nach Fraas kann kein Zweifel bestehen, daß das Petroleum hier seine Herkunft der Zersetzung der zahllosen Meeresorganismen, welche die Lagune beleben, verdankt. Das so häufige Vorkommen von Petroleum mit Salzwasser und Spuren von Schwefel spricht ebenfalls hierfür. Das sogenannte Knistersalz von Wieliczka enthält mikroskopische Einschlüsse von Kohlenwasserstoffen und liefert dadurch einen deutlichen Beweis für die gleichzeitige Bildung von Salz und Kohlenwasserstoffen.

Die Lehre von der organischen Herkunft stellt sich jedoch nur in den allgemeinen Zügen klar dar. Manche Verhältnisse sind auf Grund derselben schwer zu erklären, so die massenhafte Anhäufung des Erdöles an bestimmten, räumlich begrenzten Orten, wie bei Baku, noch dazu in Schichten, die selbst keine Spuren ehemaligen organischen Lebens erkennen lassen. Man hat für diese Fälle angenommen, daß die Schichten, in denen sich das Öl gegenwärtig vorfindet, nicht dieselben zu sein brauchen, in denen es sich ursprünglich gebildet habe. Man kann sich vorstellen, daß das Erdöl als leicht beweglicher Körper seine Lagerstätte innerhalb der geschichteten Erdrinde geändert habe, indem es von porösen Sanden und Sandsteinen aufgesaugt wurde, welche mit dem ursprünglichen Lager in Berührung standen und dann nur gewissermaßen Petroleumrezipienten vorstellen. Indessen räumt auch diese Vorstellung nicht alle Schwierigkeiten hinweg. Es ist daher begreiflich, wenn neben der Theorie von der organischen Herkunft des Petroleums die sogenannte Emanationshypothese aufgestellt wurde, welche den Ursprung des Erdöles auf Emanation aus großer Erdtiefe herleitet. Wäre diese Hypothese richtig, dann müßte man das Petroleum zunächst längs der großen Bruchlinien und in vulkanischen Gebieten zu finden haben, was durchaus nicht der Fall ist, da man nur ganz vereinzelte unbedeutende Kohlenwasserstoff-Exhalationen auf vulkanischem Boden kennt. Dieser Umstand sowie das Vorkommen des Erdöles im regelmäßig geschichteten Gebirge schließen die eigentliche Emanationshypothese aus.

Da man demnach an der organischen Entstehung der Kohlenwasserstoffe festhalten muß, so wäre noch die Frage zu erörtern, ob man pflanzliche oder tierische Organismen als die ursprünglichen Bildner derselben zu betrachten habe. Würde das Erdöl seine Entstehung dem Pflanzenreiche verdanken, dann müßten wir es häufiger in Begleitung von Kohlenflözen antreffen. Dies ist aber nur ausnahmsweise der Fall, dagegen enthalten die Kohlenflöze, wie weiter oben auseinandergesetzt wurde, häufig Einschlüsse wachs- oder harzartiger Natur. Man wird demnach für das Erdöl, den Asphalt und das in sedimentären Schichten so sehr verbreitete Bitumen überhaupt zunächst an tierische Herkunft zu denken haben, für das Erdwachs dagegen, das mit der wachshaltigen Braunkohle, dem Pyropissit, nahe verwandt ist, besitzt die Annahme vegetabilen Ursprunges einige Wahrscheinlichkeit.

Das Erdöl kann in dem Zustande, in welchem es aus der Erde gewonnen wird, als schmutzig braunes oder grünliches Rohöl, noch nicht seiner Verwendung zugeführt werden. Das Rohöl ist sehr reich an Gasen, es führt noch die bei geringer Temperatur entzündlichen Kohlenwasserstoffe und ist daher sehr feuergefährlich. Um diese zu entfernen, den

unangenehmen Geruch zu beseitigen und die schweren Verbindungen, wie Paraffin, Teer rc., vom eigentlichen Brennöle zu trennen, unterzieht man das Rohöl einer mehrfach unterbrochenen, fraktionierten, Destillation, welche fast gleichzeitig von Lukasiewicz in Galizien und von Silliman in Amerika in Anwendung gebracht wurde. Die Destillation wird in eisernen Kesseln vorgenommen, welche mit schlangenförmig gewundenen Kühlrohren verbunden sind, und führt zur Bildung von vier Gruppen von Destillationsprodukten. Zuerst verlassen die Destillationsblase jene leicht entzündlichen und flüchtigen Verbindungen, die man als Essenzen zusammenzufassen pflegt; es sind dies hauptsächlich das Keroselen (auch Petroleumäther, Ligroin, Gazolin genannt) und das Benzin. Das Keroselen hat das spezifische Gewicht von 0,65 bis 0,7 und siedet bei 40°, während das Benzin erst zwischen 100 und 200° siedet und ein spezifisches Gewicht von 0,7 bis 0,74 besitzt. Beide verdunsten in der freien Luft sehr rasch und zeichnen sich dadurch aus, daß sie Fette, Öle und dergleichen sehr rasch lösen und ausziehen, daher die Verwendung des Benzins als Fleckwasser. Die zweite Gruppe von Destillationsprodukten bilden die eigentlichen Brennöle, Photogen, Kerosin, raffiniertes Petroleum. Auch das letztere ist noch ein Gemenge verschiedener Kohlenwasserstoffverbindungen, deren spezifisches Gewicht zwischen 0,76 und 0,86, deren Siedepunkt zwischen 200 und 300° schwankt. Die dritte Gruppe von Destillationsprodukten bilden die sogenannten Solaröle und Schmieröle mit dem spezifischen Gewichte von 0,8 bis 0,93. Bei der weitern Fortsetzung des Destillationsprozesses erhält man zunächst sehr paraffinreiches Öl und endlich das weiße, flockige Paraffin in fester Form. Der asphalt- oder teerartige Rückstand wird häufig selbständiger fabrikmäßiger Behandlung unterzogen, deren letztes Endprodukt Koks bildet. Dies ist in kurzem der Gang des Destillationsprozesses, die dabei ausfallenden Produkte sind jedoch noch zahlreicher als die hier genannten und ermöglichen die Herstellung zahlreicher verwandter Fabrikate. Das gewonnene Brennöl wird nach Beendigung der Destillation mit Schwefelsäure gemischt, um noch vorhandene fremde mineralische Beimengungen zu zerstören, und schließlich im Sonnenlichte gebleicht. Nur solches Petroleum, das, auf 40° C. erhitzt, keine brennbaren Dämpfe ausstößt, kann als Brennöl ohne Gefahr in Verwendung kommen.

Das Erdwachs liefert bei der Destillation hauptsächlich Paraffin und das dem Bienenwachse sehr ähnliche und es in seiner Verwendung vollkommen ersetzende Cerisin, in viel geringerer Menge mineralische Öle, wie sie auch bei der Destillation von Erdöl gewonnen werden. Der Asphalt wird, so wie Teer, zum Kalfatern der Schiffe, zu Dachpappe, zu Firnissen und Kitten verwendet. Gemengt mit Kalksteinpulver, dient der Asphalt oder Asphaltkalkstein zur Pflasterung.

Welche hohe Bedeutung die Kohlenwasserstoffe für den Menschen besitzen, ergibt sich am deutlichsten aus der Höhe und dem raschen Anwachsen der Produktionsziffern. Die höchsten Produktionsziffern unter allen Ölgebieten weisen Pennsylvanien und New York auf. Die Produktion begann im Jahre 1859 am Oil Creek in Pennsylvanien mit 2000 Barrels[1], stieg schon im nächstfolgenden Jahre auf 200,000 Barrels und im folgenden Jahre (1861) auf 2,110,000 Barrels. Von da an fand ein allmähliches Steigen der Ölerzeugung statt, so daß im Jahre 1876 die Summe von 9,015,000 Barrels erreicht war. Seit 1876 hat die Produktion in noch stärkerm Maße fortdauernd zugenommen, so daß im Jahre 1882 bereits 30,460,000 Barrels gewonnen wurden. Die Gesamtsumme des in den Staaten Pennsylvanien und New York von 1859 bis 1882 geförderten Öles betrug 216,083,000 Barrels. Seit 1882 macht sich in Pennsylvanien eine stetige, wenn auch langsame Abnahme der Erzeugung geltend, so daß nach J. F. Carll die Produktion des Jahres 1884 nur die Ziffer von 23,744,924 Barrels erreicht hat. In Kalifornien wurden im Jahre 1882

[1] 1 Barrel zu 42 Gallonen.

70,000 Barrels Öl produziert. Den Wert des in Nordamerika im Jahre 1884 gewonnenen natürlichen Gases schätzt man auf 1,16 Million Pfund Sterling. In allen kultivierten Gegenden der Erde wurde in den letzten 25 Jahren amerikanisches Öl verbraucht, und enorme Reichtümer flossen dafür nach Pennsylvanien, das, von der Natur mit Petroleum und Kohle überreich bedacht, einen ungeahnten Aufschwung nahm. Grund und Boden stieg ungeheuer im Werte, und volkreiche Städte schossen über Nacht aus dem ölgetränkten Boden. An Stelle von Pithole City standen im Mai 1865 zwei Häuser, im August desselben Jahres war es eine Stadt von 14,000 Einwohnern, und ein ähnliches Anwachsen der Bevölkerung ließen auch viele andre Gegenden erkennen.

Im Gebiete von Baku hat die Ölproduktion ein hohes Alter. Schon im Jahre 1832 wurden 150,000 Pud = 2457 Meterzentner gewonnen, und alljährlich war ein stetiges Steigen der Produktion zu verzeichnen, so daß sie im Jahre 1872, als die ersten Bohrlöcher angelegt wurden, 1,535,981 Pud = 251,594 Meterzentner betrug. Im Jahre 1876 wurden 11 Mill. Pud = 1,801,800 Meterzentner, im Jahre 1881: 30 Mill. Pud = 4,914,000 Meterzentner und im Jahre 1883 zwischen 55 Mill. und 56 Mill. Pud = 9,009,000 bis 9,172,800 Meterzentner Öl produziert. Der größte Teil des kaukasischen Öles wird in Rußland selbst verbraucht, in neuerer Zeit faßt das kaukasische Öl jedoch auch in Mitteleuropa festen Fuß.

Gegen die enormen Ölmengen, welche von Pennsylvanien und von Kaukasien produziert werden, bildet die Gewinnung andrer Gegenden eine fast verschwindende Größe. So betrug die Ölproduktion Galiziens im Jahre 1883 nur 185,852 Meterzentner. Von den außereuropäischen Gebieten werden wohl noch manche zu großer wirtschaftlicher Bedeutung gelangen. Die Erdwachsproduktion von Boryslaw und den benachbarten Lokalitäten betrug im Jahre 1883: 118,500 Meterzentner.

---

3. Metallische Mineralien. Erze.

Inhalt: Wechselbeziehung zwischen dem spezifischen Gewichte der Metalle und der Häufigkeit ihres Vorkommens. Das Erdinnere als Urheimat der schweren Metalle. Entstehung und Einteilung der Erzlagerstätten. Sedimentäre Lagerstätten. Eruptive Lagerstätten. Gänge und Höhlenfüllungen. Kontaktlagerstätten. Trümmerlagerstätten. — Gold. Physikalische Eigenschaften. Verschiedene Formen des Vorkommens. Gold im westlichen Teile von Nordamerika, in Brasilien, Australien, Sibirien, Europa Statistisches. — Platin. — Silber. Physikalische Eigenschaften des Silbers. Silbererze. Vorkommen im Westen von Nordamerika, in Mexiko, Peru, Chile, Freiberg, Andreasberg, Przibram, Kongsberg. Statistisches. — Quecksilber. Erze des Quecksilbers. Sein Vorkommen in Kalifornien, Idria, Almaden, Landsberg, am Avalaberge. Historische und statistische Angaben. — Kupfer. Eigenschaften desselben. Kupfererze. Kupfer am Obern See, in Chile, Spanien, Deutschland, im Banat, in Skandinavien, Rußland. Produktion. — Blei. Eigenschaften und Erze des Bleies. Arten des Vorkommens. Beispiele hierfür in Deutschland und Österreich, in England, Spanien, Nordamerika. Statistik. — Zink. Eigenschaften. Erze. Zink in Oberschlesien. Rheinisch-belgischer Zinkdistrikt. Produktionsziffern. — Zinn. Eigenschaften und Erze des Zinnes. Zinnerze im böhmisch-sächsischen Erzgebirge, in England. Zinnseifen in Ostasien und Australien. Historische und statistische Bemerkungen. — Nickel und Kobalt. — Eisen. Eisenerze. Eisenerzflöze. Eisenerzlager. Die sogenannten Eisenberge. Gänge. Pseudomorphe Stöcke und Höhlenfüllungen. Sumpf- und Raseneisenerze. Eisenseifen. Statistik. — Mangan, Chrom, Uran, Antimon, Arsen, Wismut, Wolfram.

Eine weitaus größere Mannigfaltigkeit als die brennlichen Mineralstoffe bieten sowohl nach ihrem Vorkommen als nach der chemischen Natur die metallischen Mineralien oder Erze dar. Nur wenige Metalle, welche gegen die Einwirkung chemischer Agenzien besonders widerstandsfähig sind, liefert uns die Natur in chemisch reiner, gediegener Form,

wie das Gold und das Platin, die meisten erscheinen in Verbindung mit fremden Stoffen, wie Sauerstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Antimon, Arsen, Chlor und andern. Man nennt diese Verbindungen Erze und gewinnt daraus die reinen Metalle durch verschiedenartige Schmelz- und Läuterungsprozesse.

Zu den Metallen gehören manche der seltensten und kostbarsten Stoffe der Erde, die sich in der dem Menschen zugänglichen Partie der Erdkruste nur in so spärlichem Maße vorfinden, daß sich der Bedarf in sehr engen Grenzen zu bewegen gezwungen ist, wie das Gold, das Platin, selbst das Silber und Quecksilber. Andre Metalle dagegen sind in einer Menge angehäuft, welche den thatsächlichen Bedarf des Menschen weit übersteigt, wie das so hochwichtige Eisen. Diese verschiedene Häufigkeit der Metalle ist keine zufällige Erscheinung; es zeigt sich, daß die seltensten Metalle zugleich die spezifisch schwersten, die häufigern die spezifisch leichtern sind. Die Reihe der Metalle, angeordnet nach dem Eigengewichte, gibt gleichzeitig ein ungefähres Bild des Häufigkeitsverhältnisses. Das Iridium mit dem spezifischen Gewichte 22,23, Platin mit 21,5, Gold mit 19,253 bilden die erste Gruppe der schwersten und seltensten Metalle; Gold, das leichteste unter ihnen, ist auch das verhältnismäßig häufigste. Die zweite Gruppe von Metallen besteht aus dem seltenen Thallium mit 11,9, Palladium mit 11,8, dem häufigen Blei mit dem spezifischen Gewichte 11,352, Silber mit 10,474, Wismut mit 9,822, Kupfer mit 8,8, Nickel mit 8,270, Eisen mit 7,84 ꝛc. Zwischen dieser zweiten Reihe und der Gruppe der schwersten Metalle besteht eine Lücke, in welche sich nur das fremdartige Quecksilber mit dem Eigengewichte 13,596 einstellt.

Dieses Verhältnis gilt indessen nur für die Erdoberfläche, im Innern der Erde dagegen herrschen andre Bedingungen, es müssen hier viel mehr schwere Massen angehäuft sein. Die Physiker haben nämlich ermittelt, daß das Eigengewicht der Erde beiläufig 5,56 beträgt, während das der Felsarten, welche die Erdkruste zusammensetzen, ungefähr zwischen 2,5 und 3 schwankt, wobei zu bemerken ist, daß darunter die vulkanischen Gesteine die höchsten Gewichtsziffern aufweisen. Die Differenz zwischen dem Eigengewichte der Erdkruste und der Erde als Ganzes kann nur durch die Annahme einer Anhäufung von Metallen im glühenden Erdinnern erklärt werden. Aus verschiedenen Gründen kann man es als wahrscheinlich betrachten, daß unter diesen Metallen das Eisen vorwiegt, während der innerste Kern der Erde die eigentliche Urheimat und Vereinigungsstätte der schwersten, auf der Oberfläche seltensten Metalle bilden dürfte.

Diese letztern würden dem Blicke des Menschen vielleicht für immer entrückt sein, wenn nicht vulkanische Eruptionen und Emanationen oder heiße Quellen Spuren der im Innern angehäuften Schätze auf die Oberfläche gebracht und dem Menschen erreichbar gemacht hätten. Bei vielen wichtigen Lagerstätten ist der vulkanische Ursprung der edlen Metalle, wie weiter unten gezeigt werden wird, klar und unbezweifelbar; es gibt aber auch Anhäufungen von Metallen, die ebenso sicher als Absätze aus wässeriger Lösung betrachtet werden müssen. In diesen letztern Fällen hat aber das Wasser nur die vermittelnde Rolle gespielt, es hat nur abgelagert, was es an andern Orten aus Gesteinen in Lösung gebracht hat.

Die Gesteine aber, die sich in erster Linie durch Metallführung auszeichnen, sind die vulkanischen Gesteine, ferner der Granit und seine Verwandten und die kristallinischen Schiefer. Fr. Sandberger hat gezeigt, daß im Glimmer, Augit, Olivin und in der Hornblende dieser Gesteine kleine Mengen von Kupfer, Blei, Kobalt, Nickel, Wismut, Silber, Arsen, Eisen, Antimon und Zinn enthalten sind, und Marx hat in jungvulkanischen Andesiten Zink nachgewiesen. Alle diese Metalle können durch Verwitterung und andre Umwandlungsprozesse in lösliche Verbindungen übergeführt und vom Wasser aufgenommen werden. Einmal in den Lauf der großen, tausendfach verzweigten Wasserströmung gelangt, welche die Oberfläche der Erde umkreist und ihre Kruste durchsetzt, können sie unter gewissen

Verhältnissen an einzelnen Orten abgelagert werden, welche eine fortwährende Anreicherung mit den betreffenden Metallen erfahren und sich später als Erzlagerstätten darstellen.

Schon aus diesen wenigen Bemerkungen geht hervor, daß die Vorgänge, unter welchen sich Erze und Erzlagerstätten gebildet haben, sehr mannigfaltige und verwickelte waren. Die Entstehungsweise der Erzlagerstätten ist ebenso verschiedenartig wie ihre mineralogische Zusammensetzung, ihr geologischer Bau, ihr geologisches Alter. Ein und dasselbe Metall kannin mehreren mineralogischen Formen als Erz auftreten und auf Lagerstätten von ganz abweichender Struktur und Entstehung vorkommen, während anderseits auf derselben Lagerstätte mehrere Erze und Metalle vergesellschaftet sein können. Die Erzlager gewähren daher kein so einfaches und einheitliches Bild wie etwa die Kohlen- und Salzlager, sondern die Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen ist eine so große, daß es selbst schwer fällt, zu einer übersichtlichen Klassifikation der Erzlager zu gelangen.

Die einfachste Form repräsentieren wohl die sedimentären Lagerstätten. Wie Kalkstein, Sandstein oder andre sedimentäre Gesteine in regelmäßigen Schichten abgesetzt erscheinen, so können auch gewisse Erze in Form von Schichten oder Flözen auftreten, die man als „Bodensatzbildungen" zu betrachten hat. In Bezug auf Zahl, Mächtigkeit und horizontale Ausdehnung sind die Erzflöze ähnlichen Schwankungen unterworfen wie die Kohlenflöze, doch ist ihre Mächtigkeit und Ausdehnung meist eine viel geringere. Als Bestandteile des geschichteten Gebirges unterliegen die Erzflöze denselben Faltungen und Verwerfungen wie das begleitende Gestein. Wenn sich mit großer Mächtigkeit eine verhältnismäßig geringe Ausdehnung in der Fläche verbindet, spricht man nicht mehr von Flözen, sondern von Lagern und Lagerstöcken. Ist die sedimentäre Erzbildung nicht ausgedehnt, sondern nur auf einzelne kleine Partien beschränkt, so entstehen Erznieren und -Nester.

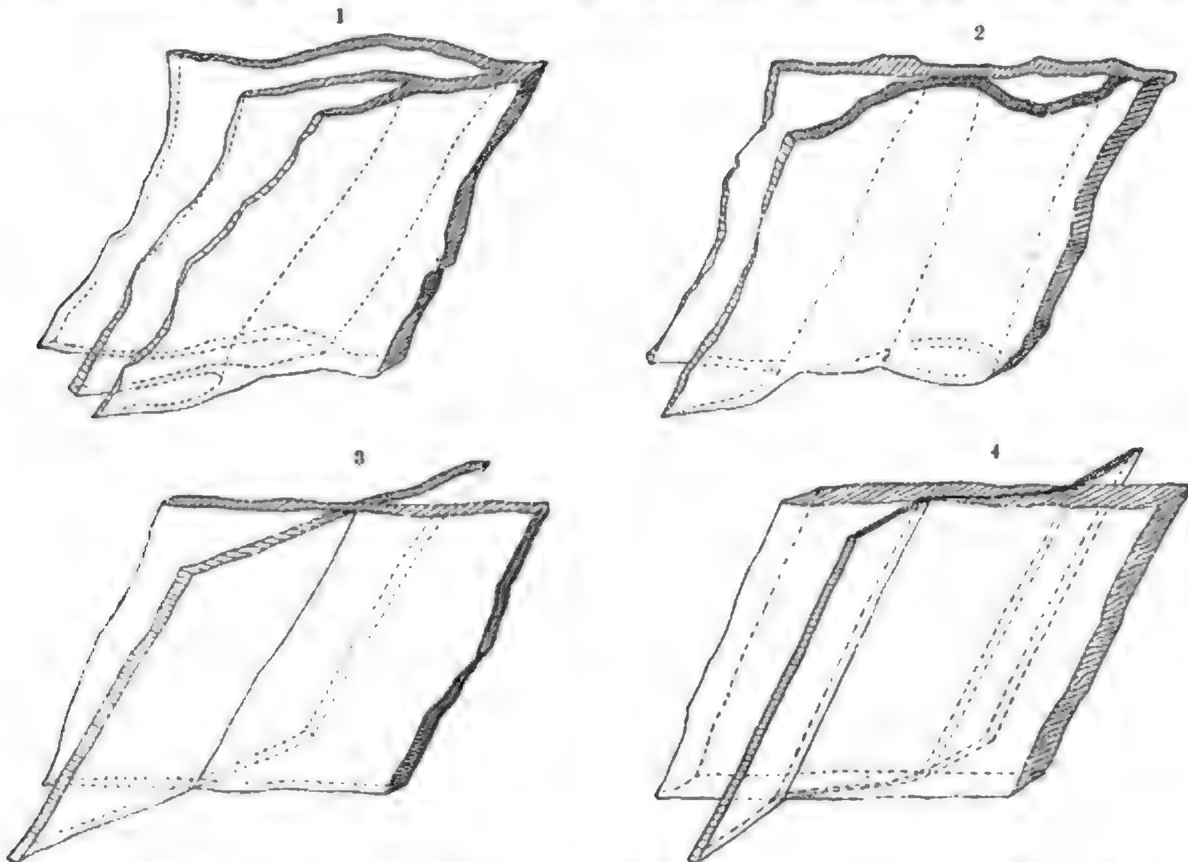
Eine zweite Gruppe bilden die eruptiven Erzlagerstätten. Man spricht von eruptiven oder massigen Lagerstätten, wenn man in einem vulkanischen Gesteine Erze in einer solchen Weise eingeschlossen findet, daß man eine gleichzeitige Bildung beider, des Erzes und des Gesteines, annehmen muß. Das Erz durchsetzt in solchen Fällen entweder mehr oder minder gleichmäßig das ganze Gestein, oder es erscheint da und dort in kleinern Nestern oder Stöcken angehäuft.

Der größten Mannigfaltigkeit begegnet man bei der dritten Gruppe der Hohlraumausfüllungen, innerhalb welcher man Spaltenfüllungen oder Gänge und Höhlenfüllungen unterscheidet. Die erstern, die Spaltenfüllungen oder Gänge, nehmen sowohl in wissenschaftlicher als in ökonomischer Hinsicht die hervorragendere Stellung ein.

Alle Gebirge sedimentärer wie vulkanischer Entstehung werden von geradlinigen Klüften durchzogen, deren Entstehung meist den Spannungsdifferenzen infolge der Gebirgs- und Faltenbildung, doch auch dem Austrocknen sedimentärer Gesteine und dem Abkühlen vulkanischer Gesteine zuzuschreiben ist. Derartige Spalten bleiben zuweilen leer oder werden nur mit sandig-thonigem, oberflächlich eingeschwemmtem Materiale oder mit dem Zerreibsel der Nachbargesteine ausgefüllt, häufig aber erscheinen sie von vulkanischem Magma durchdrungen, oder sie erhalten eine auf verschiedenem Wege zu stande kommende Mineral- und Erzfüllung. Die letztern Gänge werden Erzgänge genannt und vom Menschen ihres wertvollen Inhaltes wegen eifrig aufgesucht und bis in große Tiefen verfolgt. Sie sind stets jünger als das Gestein, in dem sie „aufsetzen", und haben ihr eignes Streichen und Fallen, das in verschiedenartiger Weise das Streichen und Fallen der Schichten verquert. Fast nie erscheinen Gänge vereinzelt, sondern sie treten meist in größerer Zahl auf und nehmen dann bald eine zu einander ungefähr parallele Richtung an, oder sie sind strahlig oder selbst netzartig angeordnet. Die Mächtigkeit der Gänge ist eine schwankende, ebenso ihre Ausdehnung in die Tiefe. Von den papierdünnen „Blättern" und den kleinen „Trümmer"

genannten Gängen bis zu mehrere Meter mächtigen Hauptgängen finden sich alle Übergänge. Einzelne verschwinden in geringer Tiefe, andre hat man bis in die Tiefe von 1000 m verfolgt, wie im Adalbertischacht in Przibram, und diese setzen in noch größere Tiefen (in die „ewige Teufe" nach dem poetischen Bergmannsausdruck) fort. Ebenso wandelbar ist die Längenausdehnung der Gänge; während der Spitaler Gang in Schemnitz die Länge einer deutschen Meile hat und der Muttergang in Kalifornien gar die Länge von 90 englischen Meilen besitzt, können wieder andre nur auf eine geringe Zahl von Metern verfolgt werden.

Die Spaltennatur der Gänge erhellt recht deutlich aus der Art des Auskeilens, die zuweilen unter Zertrümmerung oder Zerschlagung des Ganges erfolgt. Der Gang zerfällt oder teilt sich in mehrere kleinere Gänge oder Trümmer, die noch eine Strecke weit meist



1. Zertrümmerung. — 2. Scharung und Schleppung — 3. Gangkreuz. — 4 Auslenkung (Nach v. Groddeck)

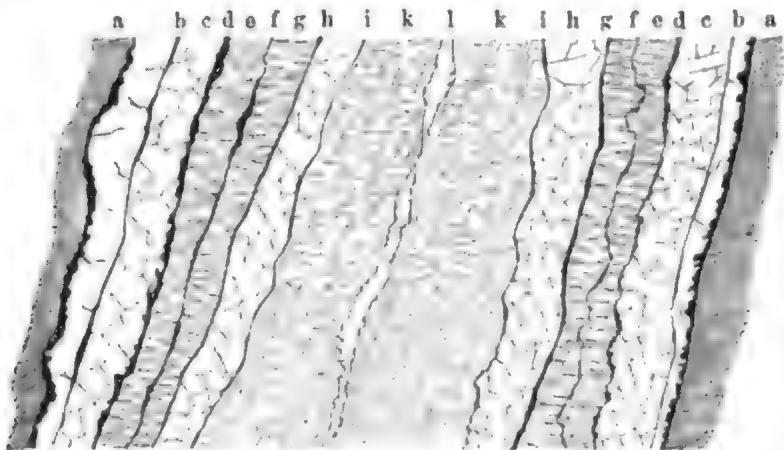
mit etwas abweichendem Streichen fortziehen und endlich ganz verschwinden (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1). Das Zerschlagen der Gänge tritt namentlich beim Übersetzen von einer Gesteinsart in eine andre ein. Verschiedenfältige Komplikationen ergeben sich beim Zusammentreffen der Gänge. Wenn zwei Gänge unter spitzem Winkel zusammenkommen und dann gemeinschaftlich fortstreichen, so spricht man von einer Scharung der Gänge (Fig. 2). Wenn sich zwei Gänge durchkreuzen oder durchsetzen, ohne einander in ihrem Verlaufe weiter zu beeinflussen, so entsteht ein Gangkreuz (Fig. 3). Kommt ein Gang an einen andern Gang oder eine Kluft heran, so tritt häufig eine derartige Ablenkung des erstern Ganges ein, daß er den letztern eine Zeitlang begleitet und dann erst selbständig durchbricht. Der abgelenkte oder geschleppte Gang erscheint dann stets als der jüngere, der Ablenker als der ältere (Fig. 4). Ist das gangführende Gestein von Verwerfungen durchsetzt, so können auch die Gänge selbst davon betroffen sein.

Die Ausfüllung der Gangspalten ist in manchen Fällen, namentlich bei den einfachen Gängen, eine streng symmetrische. Die beiden Wände der Spalte erscheinen mit parallelen,

einander beiderseits entsprechenden Krusten von Mineralien belegt, die in der Mitte der Spalte unter Freilassen eines schmalen Drusenraumes zusammenstoßen (s. untenstehende Abbildung).

Die an die Wand der Spalte angelegten Krusten sind die zuerst abgesetzten, die die Mitte ausfüllenden bilden dagegen die jüngste Formation. In vielen Fällen eröffnet Quarz für sich oder gemengt mit geschwefelten Erzen die Krustenbildung, sodann erscheint eine Lage, in welcher geschwefelte Erze vorherrschen, und den Beschluß bilden häufig Füllungen von Kalk- und Schwerspaten. Erscheint die Symmetrie der Füllung in einem sonst regelmäßig gebauten Gange gestört, so ist dies meist durch nochmaliges Aufreißen der Spalte, verbunden mit neuerlicher Füllung, zu erklären.

Verwickelter ist der Bau der sogenannten zusammengesetzten Gänge. Diese bestehen aus einem vorherrschenden Ganggesteine, in welchem zahlreiche kleinere, mit Mineralien erfüllte Gänge und Trümmer in mehr oder minder unregelmäßiger Verteilung aufsetzen. Das Ganggestein ist entweder unverändertes Nebengestein, oder es ist aus dem letztern durch chemische Umwandlung oder mechanische Zertrümmerung hervorgegangen.



Lagenförmige symmetrische Anordnung der Gangfüllung im Drei-Prinzen-Spatgange bei Freiberg. (Nach v. Weißenbach.) a Blende — b Quarz — c Flußspat — d Blende — e Schwerspat — f Pyrit — g Schwerspat — h Flußspat — i Pyrit — k Kalkspat — l leerer Raum, in dem die Kristalle drusenförmig ausgebildet sind.

Auffallende Veränderungen erleidet die Beschaffenheit der Gänge in der Oberflächenzone, welche den Einwirkungen der Atmosphärilien ausgesetzt ist. Namentlich der Spateisenstein und die eisenhaltigen Kiese werden davon betroffen und in porösen Braun- und Roteisenstein umgewandelt. Diese Zersetzungserscheinung hat daher den Namen „eiserner Hut“ erhalten. Kieslager und Lagergänge zeigen diese Erscheinung in besonders ausgeprägter Weise, aber auch bei reichen Blei-, Silber-, Kupfer- und Goldgängen, in denen die reichen Erze mit eisenhaltigen Kiesen zusammen vorkommen, fehlt sie nicht. Mit den Braun- und Roteisenerzen des eisernen Hutes treten dann Weißbleierz, Vitriole, gediegenes Silber, Kupfer, Chlorsilber, Kupfercarbonate ꝛc. auf. In Bolivia und Chile sind die geschwefelten Silbererze der Tiefe in der Oberflächenzone in oxydische Erze umgewandelt

Die Frage nach der Entstehung der Gangfüllungen gehört zu den schwierigsten der Geologie. Da, wo die Gänge mit regelmäßigen Mineralkrusten erfüllt sind, wurden die Gangarten und Erze unzweifelhaft aus wässeriger Lösung abgesetzt. Die Mineralsubstanzen mögen dann wohl in manchen Fällen durch Auslaugung des Nebengesteines gewonnen worden sein, wie es die Lateralsekretionstheorie fordert. In andern Fällen verdanken die Ausfüllungsmassen der Gänge ihre Entstehung den größern Tiefen des Erdinnern, aus welchem sie durch heiße Quellen oder als Sublimationsprodukte heißer Eruptivmassen zur Oberfläche gebracht wurden. Beispiele solcher Gangbildungen werden im nachfolgenden mehrfach beschrieben werden.

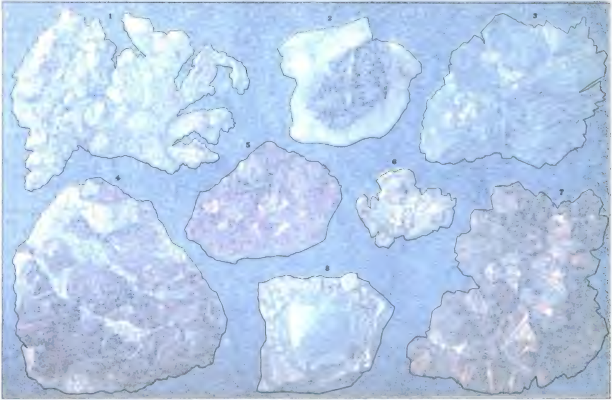
Lagerstätten, die als unregelmäßige Höhlenfüllungen anzusprechen sind, kennt man nur im Kalk- und Dolomitgebirge, da nur in diesem die Möglichkeit für die Bildung unregelmäßiger Höhlungen gegeben ist. Nur im Kalkgebirge können bestehende Spalten durch die lösende und auswaschende Thätigkeit des Wassers zu unregelmäßigen Höhlungen ausgeweitet

ERZSTUFEN.

(Nach der Natur von Theodor Alphons)

Digitized by Google

[Zur Tafel: »Erzstufen.«]



Digitized by Google

Erklärung zur Tafel ‚Erzstufen'.

Fig. 1. Gediegen **Silber.** Aus Würfeln aufgebauter Kristallstock von Kongsberg in Schweden.

Fig. 2. **Zinnstein.** Zwillingskristalle (Visiergraupen), auf Quarzkristallen aufgewachsen, von Schlaggenwald in Böhmen.

Fig. 3. **Hämatit.** Tafelförmige Kristalle, sogenannte Eisenrosen, mit aufsitzendem Feldspat, vom St. Gotthard in der Schweiz.

Fig. 4. **Zinkblende.** Zwillingskristalle, auf Quarz aufsitzend, von Kapnik in Ungarn.

Fig. 5. **Zinnober.** Druse von Rhomboëdern auf Sandstein, von Almaden in Spanien.

Fig. 6. Gediegen **Gold.** Kristallstock, aufgebaut aus Würfeln in Kombination mit dem Oktaëder. Von Vöröspatak in Siebenbürgen.

Fig. 7. Gediegen **Kupfer.** Ästiger Stock von Zwillingskristallen, vom Obern See in Nordamerika.

Fig. 8. **Bleiglanz.** Einzelkristall mit vorwiegender Entwickelung des Oktaëders, mit Kalkspat auf Eisenspat aufgewachsen, von Mitloch im Bergischen.

Die Originale hierzu befinden sich im k. k. naturhistorischen Hofmuseum in Wien.

werden. Wenn solche Höhlungen durch die Gunst besonderer glücklicher Umstände, z. B. aufsteigende heiße Quellen, eine Mineralfüllung erhalten, so setzen sich die Mineralmassen lagenförmig ab, erfüllen mehr oder minder die vorhandenen Räume, dringen aber auch häufig in die Wandungen ein, die Substanz der letztern auf dem Wege der Pseudomorphose teilweise ersetzend. Dadurch kann zuweilen auch das Nebengestein in solchem Maße veredelt werden, daß es als Erz gewonnen werden kann. Es entstehen auf diese Weise Lagerstätten von unregelmäßiger, nester-, stock-, butzen- oder taschen-, selbst schlotartiger Form; eine durchaus scharfe Grenze gegen die Gangfüllungen ist aber nicht vorhanden.

Als vierte Gruppe der Erzlagerstätten haben wir, wenn wir der trefflichen Einteilung von A. v. Grobbeck folgen, die Kontaktlagerstätten anzuführen. Wo Sedimentärgesteine von eruptiven durchbrochen werden, verlieren sie unter der Einwirkung des vulkanischen Magmas an der Grenze gegen dasselbe häufig ihre normale Beschaffenheit, dichte Kalke werden z. B. sehr oft in Marmore umgewandelt. Je weiter man sich von der Kontaktfläche entfernt, desto geringer ist die Veränderung, bis das veränderte Gestein allmählich wieder die Beschaffenheit des normalen annimmt. Wenn das vulkanische Magma mit Mineralstoffen und Metallen angereichert war, konnten dieselben an der Grenze aufgespeichert und vermittelst Pseudomorphose an das veränderte Nebengestein abgegeben werden. Die auf diese Weise entstehenden Kontaktlagerstätten, wie die von Christiania, die des Banats 2c., haben zumeist eine unregelmäßige Stockform.

Die letzte Gruppe endlich bilden die Trümmerlagerstätten, die durch mechanische und teilweise auch chemische Zerstörung ursprünglicher Lagerstätten entstanden sind. Das zerkleinerte Material wurde durch das Wasser der Bäche und Flüsse fortgeführt und in den Flußanschwemmungen wieder abgelagert. Namentlich die chemisch schwer veränderlichen edlen Metalle, wie Gold und Platin, aber auch Zinn und Magneteisen, erhalten sich in derartigen oberflächlichen, geologisch jungen Schwemmbildungen, die mit dem Kunstausdrucke Seifen benannt werden. Derartige Seifen waren es größtenteils, die den Menschen zuerst auf die Spur der Metalle geführt und zu deren Entdeckung wesentlich beigetragen haben.

Wir beginnen die nähere Besprechung der einzelnen Metalle mit dem edelsten derselben, dem Golde. Das Gold erscheint bald kristallisiert in kleinen Würfelchen, deren Ecken durch die Oktaederflächen abgestumpft sind (s. die beigeheftete Tafel „Erzstufen", Fig. 6), bald nimmt es dendritisch-gestrickte, moosähnliche oder plattige Formen an. Seine speisgelbe oder messinggelbe Färbung hat Ähnlichkeit mit der des Pyrits oder Eisenkieses, was den Unkundigen nicht selten veranlaßt, dieses gemeine, wertlose Mineral für Gold zu halten. Das Gold läßt sich indessen durch sein hohes spezifisches Gewicht, seine Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit, durch gelben Strich und geringere Härte (2,5—3) leicht vom Eisenkies unterscheiden. Dem Golde ist nicht selten eine kleine Menge Silber, zuweilen auch Kupfer, Eisen 2c. beigesellt, wodurch das spezifische Gewicht von der Ziffer des chemisch reinen Goldes 19,253 bis auf 15, ja selbst 12,66 herabgedrückt werden kann.

Unter den Lagerstätten des Goldes lassen sich vier Gruppen unterscheiden. Die erste gehört zu den massigen Lagerstätten, das Gold erscheint in feinen Partien einem kristallinischen Gesteine regellos eingelagert, wie dem Granit an einzelnen Punkten Brasiliens und der südamerikanischen Westküste oder dem Serpentin, einem Umwandlungsprodukte von Olivinfels, in Nijni Tagilsk. Die zweite Abteilung bilden Gänge, die in vulkanischen Gesteinen aufsetzen oder mindestens von vulkanischen Gesteinen begleitet werden. In solchen Gängen erscheint das Gold stets von Silber gefolgt und steht bald mit dem jungvulkanischen Propylit oder Grünsteintrachyt, wie bei einigen Goldgängen von Queensland, Neuseeland, beim großen Comstockgang in Nevada und in Schemnitz in Oberungarn, bald mit ältern, hornblendehaltigen Grünsteinen in Verbindung, wie bei vielen Goldgängen der

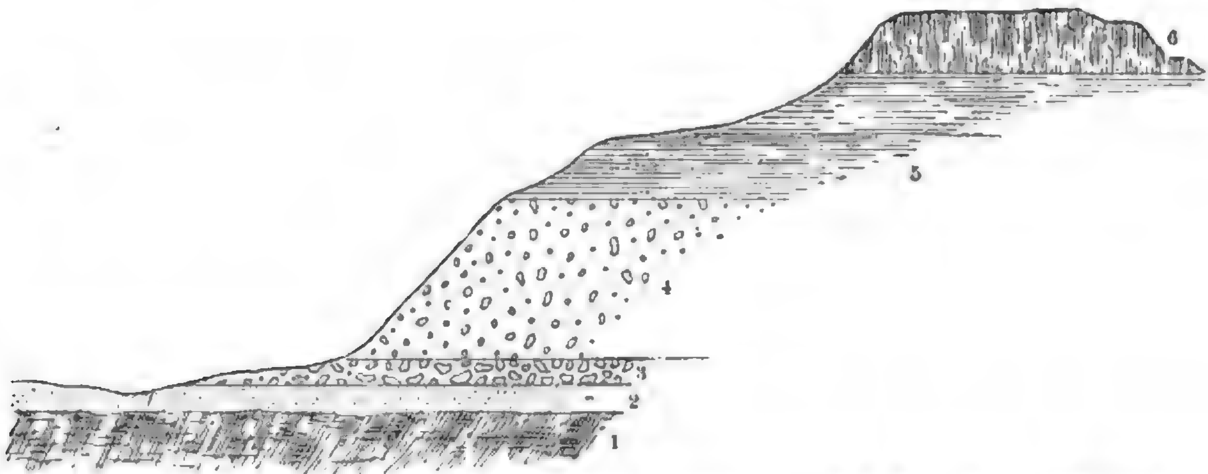
Kolonie Victoria. Innerhalb dieser Gänge erscheint das Gold keineswegs gleichmäßig verteilt, sondern es erweisen sich einzelne, ungefähr linsenförmige Massen, die längs bestimmter Linien in die Tiefe ziehen, als ganz besonders goldreich. Man nennt sie in Nevada „Bonanzas“, in Schemnitz „edle Säulen“ und glaubt darin direkt die Andeutung der ehemaligen Exhalationsschlote erblicken zu dürfen.

Eine dritte Gruppe von Goldlagerstätten zählt ebenfalls zu den Gängen. Es sind dies die Quarzgänge, welche ohne Verbindung mit vulkanischen Gesteinen im Schiefergebirge, besonders an der Grenze von Schiefer und Granit und im Granit selbst vorkommen ohne nachweisbare Verbindung mit Eruptivgesteinen. Gänge dieser Art zeichnen sich durch besondere Länge aus, wie der schon genannte Muttergang in Kalifornien, auch ist ihre Zahl in den einzelnen Golddistrikten meist eine sehr bedeutende. Das Gold erscheint auf Quarzgängen bald in gediegener Form der Quarzmasse eingesprengt, bald befindet es sich in inniger Verbindung mit Schwefel- und Kupferkies, namentlich aber mit Arsenikkies. Auch bei diesen Gängen ist der Goldgehalt kein gleichmäßiger, er beschränkt sich, wie Trinker gezeigt hat, vielmehr meist auf bestimmte, untereinander parallele Regionen, welche den Quarz wie schräge Säulen durchziehen. Diese Erscheinung, die man mit der Bezeichnung „Adelsvorschub“ belegt, aber noch nicht genügend erklärt hat, trägt viel dazu bei, um den Bergbau auf Goldquarzgängen zu erschweren und ihn weniger gewinnreich zu machen. Die Beispiele für Quarzgoldgänge sind sehr zahlreich, hierher gehören viele Gänge in Kalifornien, in Neukaledonien, im Amurlande, in Neuseeland, Australien, im Transvaal, die aufgelassenen Goldgänge in Böhmen und in den Ostalpen 2c.

Die letzte Abteilung der Goldlager bilden die „Seifen“, die losen Anhäufungen von Edelmetall im Schwemmlande, die durch Zersetzung und Umlagerung entstanden sind und sich in allen größern Goldfeldern der Erde, namentlich im Gefolge der Quarzgoldgänge vorfinden. Die Vorgänge, die zur Bildung der Goldseifen geführt haben, sind nicht so einfach, als man sich früher vielfach vorgestellt hat. Man macht nämlich die Beobachtung, daß das Gold der Seifen chemisch viel reiner ist als das Gold der anstehenden Lagerstätten, aus denen das Seifengold der Lage nach unzweifelhaft herrührt. In den Quarzgängen findet sich das Gold oft mit Kiesen innig gemengt, in den Seifen dagegen gediegen und in Körnern und Klumpen oder „Nuggets“ von so bedeutender Größe, wie sie in anstehenden Lagern unbekannt sind. So fand man im Jahre 1841 zu Slatoust im Ural einen Goldklumpen von 86 Pfund, zu Miask einen solchen von 96 Pfund. Es reicht demnach die Annahme einer einfachen mechanischen Umlagerung zur Erklärung der Verhältnisse in den Seifen nicht aus, es muß angenommen werden, daß hier eine Lösung des Goldes, verbunden mit nachheriger Reduktion, Fällung und Konzentration stattgefunden habe. Die Lösung konnte nach Egleston unter Mitwirkung von Chlor, Nitraten und Alkalien, die Reduktion unter Einfluß von organischer Substanz vor sich gegangen sein. Das meiste Gold, das sich in den Händen der Menschen befindet, stammt aus dem Schwemmlande. Der Goldreichtum derartiger Ablagerungen erweist sich nach ihrer Entdeckung als ein großartiger, die Gewinnung ist eine billige und leichte, daher die Produktion eine bedeutende. Der Reichtum nimmt aber sehr rasch ab, und man wendet sich, nachdem die erste reiche Goldernte im Schwemmlande eingeheimst ist, bald den ursprünglichen Lagerstätten zu, deren Reichtum freilich häufig hinter den gehegten Erwartungen zurücksteht, da reiche Seifen aus den oben berührten Gründen keineswegs ebenso reiche ursprüngliche Lagerstätten zur Voraussetzung haben. Diesen Gang nahm die Goldgewinnung im Mittelalter in Böhmen, in der zweiten Hälfte unsers Jahrhunderts in Kalifornien und endlich in Australien.

Zu den goldreichsten Gebieten der Erde gehört ohne Zweifel der westliche Teil von Nordamerika. Hier verläuft parallel der Westküste eine Reihe hoher und langgezogener

erzreicher Gebirgsketten, die man unter der Bezeichnung der Anden zusammenzufassen pflegt. Die Metallvorkommnisse beginnen bereits im hohen Norden, in Britisch-Columbia, wo sich mehrere Goldwäschen befinden, doch erst auf dem Gebiete der Vereinigten Staaten nimmt der Erzreichtum seine wahre Bedeutung an. Er ist nach Cl. King in vier Gangzügen angehäuft, von denen der westlichste der Küstenkette entlang läuft und Quecksilber, Zinn und Chromeisen führt. Die beiden folgenden liegen am Westabhange der mächtigen Sierra Nevada. Von diesen enthält der westlichere, nahe dem Fuße des Gebirges gelegene hauptsächlich Kupfer, während der östlichere aus goldführenden, in Granit aufsetzenden Quarzgängen besteht. Diese Gänge, unter denen sich auch der Muttergang befindet, sind es, welche das Material für die so überreichen Goldseifen Kaliforniens geliefert haben. Die vierte Gangzone endlich liegt auf der Ostseite der Sierra Nevada in einem durchaus vulkanischen Gebiete und enthält neben Gold hauptsächlich Silber. Hier befindet sich vor allem der berühmte Comstocklode, der größte Gold- und Silbergang, der jemals von Menschen abgebaut wurde. Fernere Züge von Erzgängen befinden sich in Arizona, Neumexiko und Colorado.



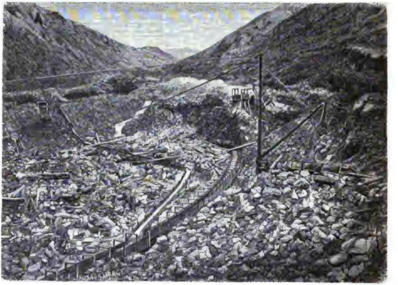
Durchschnitt durch die Upper Mine in Cherokee Flat, Kalifornien. (Nach Whitney.) 1. Grundgebirge. — 2. Blauer Sand. — 3. Geröllbildung. — 4. Sand. — 5. Pfeifenthon. — 6. Basalt.

Die Erschließung des kalifornischen Goldreichtumes ging vom alluvialen Schwemmlande aus. Einzelne Goldfunde waren den Jesuiten, welche die Missionen leiteten, schon zur Zeit der spanischen Herrschaft bekannt gewesen, sie wurden aber in der richtigen Voraussicht verheimlicht, daß dadurch die ruhigen Verhältnisse des Landes Abbruch leiden könnten. So begann denn die Goldgewinnung erst im Jahre 1848, als es bekannt wurde, daß auf dem Gute des Kapitän Sutter im Rinnsale des Flusses Gold gefunden worden sei. Nach einem Vierteljahre beschäftigten sich bereits 3000 Menschen mit Goldwäscherei, alles strömte in die goldführenden Gebiete, es entstanden neue Städte und Ansiedelungen, und ein enormer Reichtum fiel den ersten Goldgräbern zu. Der alte Sutter aber wurde von ruchlosen Leuten vertrieben, seiner Habe beraubt und zum Bettler gemacht.

Die Goldwäschereien bewegten sich anfangs in den gegenwärtigen alluvialen Flußanschwemmungen, den „flat placers", wo die Arbeit am leichtesten von statten geht. Nach Erschöpfung derselben mußte man die ältern und höher gelegenen Goldseifen in Angriff nehmen. Diese letztern bilden eine bis 300, ja 400 m mächtige, ziemlich feste Anhäufung von Geschieben und Gebirgsschutt und werden von Marcou als eine Gletscherbildung beschrieben (s. obenstehende Abbildung). Ihre Ausdehnung wird auf 800—900 Quadratmeilen geschätzt. Darüber breitet sich eine 50—100 Fuß mächtige Decke von schwarzer, basaltischer Lava plattenartig aus, die den mächtigen erloschenen Vulkanen der Sierra entströmt

ist und der Landschaft ein höchst bezeichnendes Gepräge verleiht. Die Basaltdecke bedingt zwar eine nicht unerhebliche Erschwerung der Goldgewinnung, ohne sie wäre aber das goldführende Schuttland der Zerstörung durch Fluß- und Regenwasser in viel höherm Grade ausgesetzt, als dies jetzt der Fall ist.

Die Ausbeutung der ältern „deep placers“ geschieht seit 1852 mittels der sogenannten hydraulischen Werke (s. untenstehende Abbildung). Von höhern Gehängen führt man mittels besonderer Leitungen Wasser herbei und läßt den unter hohem hydrostatischen Drucke austretenden Wasserstrahl auf die zu lockernde Schuttwand einwirken. Der Effekt dieser einfachen Methode soll ein großartiger sein, ganze Berge werden auf diese Weise in kurzer Zeit durchgewühlt und hinweggeschwemmt, ganze Thäler mit dem reingewaschenen Kiese und



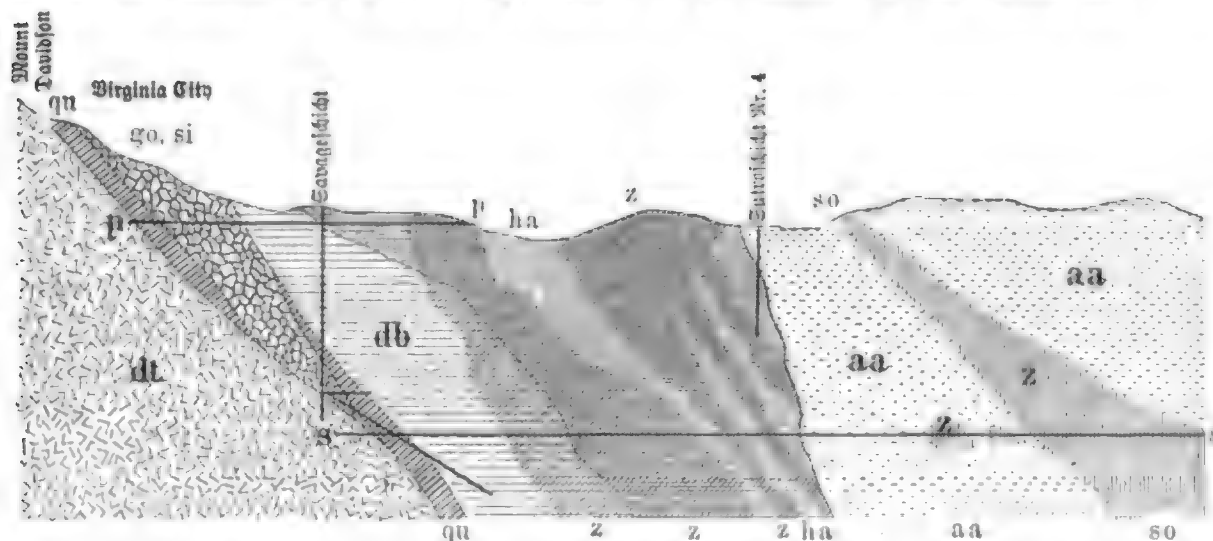
Hydraulische Goldwäsche in Alder Gulch, Montana.

Sande erfüllt. Die blühendsten Gefilde werden durch den hydraulischen Betrieb in unfruchtbare Wüsteneien verwandelt und riesige Landstrecken verheert. Trotzdem war die Goldwäscherei für Kalifornien von segensreichen Folgen; das Land, welches im Jahre 1848 von ungefähr 15,000 Viehzucht treibenden Menschen bewohnt war, zählte schon nach zwei Jahren 100,000 Einwohner, und zu Ende 1877 betrug die Einwohnerzahl bereits 938,000. Viele Teile des Landes wurden urbar gemacht, kolonisiert und der Zivilisation erschlossen.

Als die Produktion der hydraulischen Werke ihren Höhepunkt überschritten hatte, wandte man sich allmählich den ursprünglichen Lagerstätten zu. Man suchte die goldführenden Quarzgänge der Sierra, den Muttergang und seine Begleiter, auf, doch erwies sich der Bergbau in diesem Gebiete nur so lange als lohnend, als er sich gerade auf einem Adelsvorschub bewegte, es kam daher zu keiner dauernden Entfaltung bergbaulicher Thätigkeit. Viel günstiger gestalteten sich dagegen die Verhältnisse bei dem berühmten Comstockgange in der Virginiakette, am östlichen Abhange der Sierra Nevada.

Digitized by Google

Die Virginiakette besteht größtenteils aus jungvulkanischen Gesteinen, aus welchen einzelne Partien von älterm Diorit hervorragen, wie am Mount Davidson (7827 Fuß), dem höchsten Punkte der Kette. Am östlichen Abhange des Mount Davidson reichen die jungvulkanischen Trachyte und Andesite bis 6000 Fuß hoch hinauf, und hier tritt an der Grenze von Diorit und Andesit (früher als Propylit bestimmt) der Comstockgang zu Tage (s. untenstehende Abbildung). Er verläuft in einer Länge von 22,000 Fuß in ungefähr nordsüdlicher Richtung oberhalb der neugegründeten Städte Virginia City und Gold Hill. Seine Breite beträgt an einzelnen Stellen mehrere hundert Fuß, während an andern die beiden Wände der Gangspalte nur durch eine wenig mächtige Lettenlage getrennt erscheinen. In ihrem mittlern Teile liegt die Gangspalte genau an der Grenze von Diorit und Andesit, weiter gegen Süden springt sie ganz in den Andesit über. Ihre Neigung ist mit 40—45° nach Osten gerichtet, in größerer Tiefe schießt sie fast senkrecht in den Diorit ein.



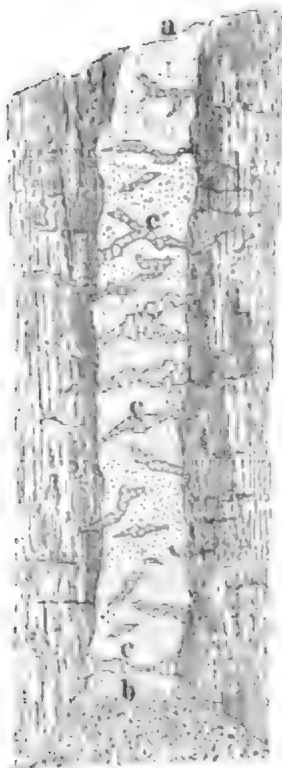
Durchschnitt des Comstockganges. (Nach Becker.) dt Diorit. — qu Gangquarz. — go, si Gold- und silberführende Gangfüllung. — db Diabas. — ha Hornblende-Andesit. — aa Augit-Andesit. — z Zersetzte Partien. — so Zersetzte Partie, früher Solferino-Gang genannt. — ss Sutro-Tunnel. — pp Potosi-Tunnel.

Die Gangfüllung besteht hauptsächlich aus körnig-lockerm, metallführendem Quarze und tauben, von den Seitenwänden abgelösten Gesteinsmassen. Der Gold- und Silbergehalt ist, wie schon erwähnt, namentlich in bestimmten Partien, den „Bonanzas", angehäuft, und diese enthalten einen erstaunlichen Reichtum an Edelmetall. Bestreitet doch der Comstockgang etwa drei Siebentel der Gesamtproduktion des nordamerikanischen Westens, und seine Jahresproduktion übertrifft die von ganz Österreich-Ungarn ungefähr um das Dreizehnfache.

Doch nicht leichten Kaufes liefert die Natur dem Menschen so große Schätze aus. Der Bergbau am Comstockgange hat mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen, deren eine in der übergroßen Hitze besteht, die schon in verhältnismäßig geringer Tiefe herrscht, während die andre von den reichlich zusitzenden heißen Quellen herrührt. Um den Abzug der letztern zu ermöglichen, wurde der große Sutro-Erbstollen angelegt, welcher 19,800 Fuß lang werden und die Schächte in einer Tiefe von 1900 Fuß unter der Erdoberfläche treffen soll. Die Produktion am Comstockgange begann im größern Maßstabe im Jahre 1860, einzelne Erzproben waren schon im Jahre 1858 nach Kalifornien gebracht worden, und von den Abenteurern, die auszogen, um die Lagerstätten auszubeuten, erstand Henry Comstock von dem frühern Besitzer einen großen Teil des nach ihm benannten Ganges um 20 Dollar, bald aber verkaufte dieser unstete Mensch seinen Ganganteil, dessen Wert im Jahre 1863, wie v. Richthofen angibt, mit 20 Millionen Dollar nicht aufzuwiegen gewesen wäre, um 6000 Dollar. Nach mehrjährigem resultatlosen Wanderleben erschoß sich Henry Comstock,

in Trübsinn und Schwermut verfallen, er starb „elend, schmutzig, unbetrauert, unbemerkt und fast ungekannt“. (E. Sueß.)

Neben Nevada und Kalifornien nimmt im nordamerikanischen Westen auch der Staat Colorado als Goldproduzent eine beachtenswerte Stellung ein, seine Produktion ist im Steigen begriffen, während die Kaliforniens stetig abnimmt. Außerdem beteiligen sich auch die Staaten Dakota, Montana, Idaho und Arizona mit ganz ansehnlichen Mengen an der gesamten Goldproduktion Nordamerikas. Die Goldproduktion des nordamerikanischen Westens zeigt in den ersten Jahren der Ausbeutung ein enorm rasches Anwachsen, beruhend auf dem großen Reichtume des noch jungfräulichen Alluvialbodens. Das Erträgnis des Jahres 1848 betrug nach Raymond 10 Millionen Pfund, schon im folgenden Jahre vervierfachte sich die Produktion und erreichte 1853 den Höhepunkt mit 65 Millionen Pfund. Von da an nahm die Produktion stetig ab, da der Gangbergbau den Ausfall des teilweise erschöpften Schwemmlandes nicht ganz zu decken im stande war. Im Jahre 1880 hatte das Jahreserträgnis den Wert von 36 Millionen Pfund.



Durchschnitt eines Ganges der Waverley Mine in Victoria. (Nach Phillips.) a b Gang von zersetztem Grünstein, welcher parallel mit den Schichten des durchsetzten Schiefers verläuft. — c Ungefähr horizontale goldführende Quarzadern. Vgl. Text, S. 775.

Weiter südlich tritt uns im Südwesten von Mexiko und im Westen von Südamerika, namentlich in der Küstenkordillere von Chile, eine Reihe von Goldvorkommnissen entgegen, deren Bedeutung jedoch eine nur untergeordnete ist. Größer ist der Reichtum an Gold in Brasilien, wo dieses Metall teils auf Quarzgängen vorkommt, die in Granit, Gneiß und kristallinischen Schiefern aufsetzen, teils in den die Gänge begleitenden Schwemmbildungen.

Die Entdeckung des Goldreichtumes Brasiliens verdankt man den Paulisten, Mischlingen zwischen Indianern und den ersten europäischen Ansiedlern, welche wiederum durch die Indianer darauf aufmerksam wurden. Am Schlusse des 16. Jahrhunderts erfolgten die ersten Goldfunde in der Provinz San Paulo, daran reihte sich im 17. Jahrhundert die Entdeckung des Goldes in der Provinz Minas Geraës und später in der Provinz Goyaz. Nur unter blutigen Kämpfen und nach vielen wechselvollen Ereignissen wurden die Goldfelder allmählich erschlossen, welche im ganzen 18. Jahrhundert die hauptsächlichste Goldquelle der Erde bildeten. In der Mitte des 18. Jahrhunderts hatte die Produktion, die sich hauptsächlich im Schwemmlande bewegte, den Höhepunkt erreicht, die Jahresproduktion dürfte sich damals auf ungefähr 29,4 Millionen Frank belaufen haben, seither ist ein stetiger Rückgang zu verzeichnen. Die brasilischen Goldgänge setzen sich nach Haïti, dem alten Hispaniola, fort, von wo nach der Entdeckung der Neuen Welt zuerst amerikanisches Gold nach Europa kam.

Kurze Zeit nach der Entdeckung der Goldfelder Kaliforniens sah man sich unter dem Eindrucke der kalifornischen Erfolge auch in Australien veranlaßt, Grabungen nach Gold in der Kolonie Victoria vorzunehmen, wo schon früher einzelne Goldfunde gemacht worden waren. Die ersten Versuche hatten einen überraschenden Erfolg, und bald fand man auch in andern Teilen des Landes Goldmengen, die den westamerikanischen nahezu gleichkamen.

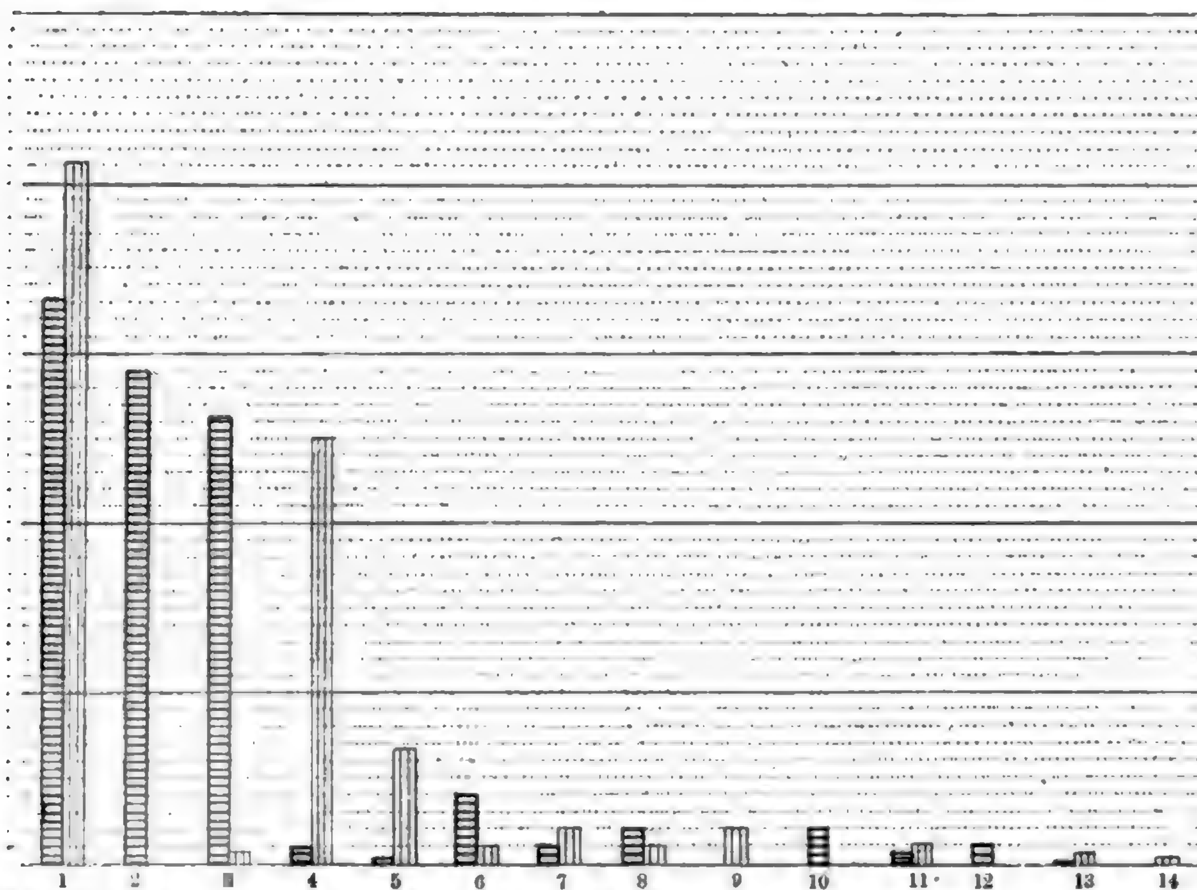
Der hauptsächlichste Golddistrikt Australiens ist Victoria, dann folgen, nach den Produktionsziffern geordnet, Neuseeland, Neusüdwales, Queensland. Tasmania und Südaustralien sind nur wenig ertragsfähig. Das Gold der Kolonie Victoria stammt größtenteils aus Quarzgängen, welche in paläozoischen Schiefern in großer Zahl auftreten und

zuweilen von Grünsteingängen begleitet werden. Im Jahre 1874 kannte man ihrer 3400. Außerdem kommen daselbst Gänge eines alten eruptiven Grünsteines vor, die von horizontalen, goldreichen Quarzadern durchsetzt werden, auch der Grünstein selbst enthält kleinere Mengen von Gold (s. Abbildung, S. 774). Bis zu einer gewissen Tiefe sind die Gänge stark zersetzt, sie zeigen eine ausgezeichnete „Hutbildung", auf deren Kosten sich ein außerordentlich reiches, jüngeres und älteres Schwemmland gebildet hat. Im letztern lagert das Gold wie in Kalifornien nur in gewissen tiefstgelegenen Strichen, die den alten Stromläufen entsprechen, und welche aufzusuchen die wichtigste Aufgabe des Diggers ist. Auch in Victoria sind über der goldführenden Drift schützende Basaltdecken ausgebreitet. Die australischen Seifen zeichnen sich vor andern durch die Größe der Goldklumpen aus, die sie geliefert haben, so wog der Welcome-Nugget 68,26 kg, der Precious-Nugget 50,41 kg (1 kg Gold hat den Wert von 2777,7 Mark). Die Produktion Victorias entstammte größtenteils dem Schwemmlande und übertraf in den ersten Jahren alle Erwartungen. Bis zum Jahre 1856 stieg der jährliche Ertrag in rapider Weise, in diesem Jahre erreichte er seinen Höhepunkt mit nahezu 12 Millionen Pfund Sterling. Von da an trat ein stetiges Sinken der Produktion ein, die im Jahre 1882 nur noch 3,4 Millionen Pfund betrug.

Afrika, soweit es bisher bekannt ist, zeichnet sich ebenfalls durch Goldführung aus. Gegenwärtig ist am produktivsten das Transvaalgebiet. Hier wurde anfangs nur Alluvialgold gewonnen, bis vor kurzer Zeit goldreiche Quarzgänge in Angriff genommen wurden, welche, dem Südrande des Kaapvalley folgend, bis zur Delagoabai sich erstrecken. Den Mittelpunkt dieses neuerstandenen Bergbaugebietes bildet die Stadt Barberton. Am obern Laufe des Senegal und des Djoliba befinden sich jene Gegenden, von wo im Altertume die Karthager, im Mittelalter die Mauren, in der Neuzeit die Portugiesen, Franzosen und Engländer Gold im Tauschwege bezogen haben. Die obere Nilregion dagegen hat den alten Ägyptern seit uralter Zeit, mindestens 1600 Jahre vor unsrer Zeitrechung, Gold geliefert.

Vor allen andern goldführenden Ländern zeichnet sich das uralische und sibirische Rußland dadurch aus, daß seine Gewinnung nicht nur eine bedeutende, sondern auch stetige ist. Der uralische Goldbergbau geht teilweise auf erster, teilweise auf zweiter Lagerstätte um. Goldführende Quarzgänge, die in alten kristallinischen Schiefern anstehen, werden namentlich bei Beresowsk, nordöstlich von Katharinenburg, abgebaut und ebenso bei Miask und Troisk. Die Ergebnisse des Gangbergbaues werden indessen auch hier von der Ausbeute der Goldseifen weitaus übertroffen. Einzelne Gänge, die freilich nicht reich genug sind, um einen lohnenden Abbau zu ermöglichen, bieten deshalb ein besonderes geologisches Interesse, weil das Edelmetall nicht auf Quarzgängen vorkommt, sondern in Diorit und Serpentin selbst eingeschlossen erscheint, wie im Serpentin des Thales Soimonow bei Kischtim. Auch die schon erwähnte berühmte Lokalität Nijni Tagilsk gehört in diese Gruppe von Vorkommnissen. Reicher als die uralischen Goldfelder sind die ostsibirischen Goldwäschen am obern und untern Jenissei, im Olekminskischen Bezirke zwischen den Flüssen Olekma und Witim, im Nertschinskischen Bezirke an der Kara und endlich im Amurlande, in welchen Gegenden das Schwergewicht der russischen Goldgewinnung gelegen ist. Obwohl das sibirische Gold größtenteils dem Schwemmlande entnommen wird, macht sich doch eine bemerkenswerte Stetigkeit der Produktion geltend, und dies hat dem russischen Goldzuflusse eine große Bedeutung für den Weltmarkt gesichert, obwohl die jährliche Produktionsziffer nur die nicht allzu auffallende Höhe von ungefähr 33,600 kg erreicht. Diese Stetigkeit hat ihren Grund teilweise in den klimatischen Verhältnissen, welche die Arbeit nur in einem kurzen Teile des Jahres gestatten, teilweise in der enormen Ausdehnung der Goldfelder und teilweise in der Art und Weise des staatlichen und gesellschaftlichen Betriebes und dem Fehlen der rastlosen, gierigen Diggers, die in andern Gegenden eine so fieberhafte Thätigkeit entfalten.

Wenn wir uns nun Europa zuwenden, so tritt uns ein Kontinent entgegen, der an Goldlagerstätten keineswegs arm ist, dessen Produktion aber fast ganz der Geschichte angehört, nur in den Karpathen blüht noch ein ergiebigerer Gangbergbau; alle übrigen ehemals goldreichen Gebiete sind gegenwärtig erschöpft. Die Phöniker und später die Römer bezogen viel Gold aus Spanien, die römischen Schriftsteller priesen Spaniens Goldreichtum, und Plinius gab nähere Nachrichten über die Art der Gewinnung, aus denen hervorgeht, daß schon die Römer ähnliche hydraulische Vorrichtungen in Anwendung brachten, wie man sie jetzt in Kalifornien benutzt. Im Mittelalter und zu Beginn der Neuzeit erflossen aus Böhmen große Goldreichtümer. Damals gab es im südlichen Böhmen zahlreiche Bergbauten



Weltproduktion von Edelmetall. (Nach Cl. King.) Die vertikal gestreiften Flächen bedeuten Silber, die horizontal gestreiften Gold. 1. Vereinigte Staaten von Nordamerika. — 2. Australien. — 3. Rußland. — 4. Mexiko. — 5. Deutschland. — 6. Kolumbien. — 7. Österreich. — 8. Südamerika mit Ausnahme von Kolumbien und Argentinien. — 9. Europa mit Ausnahme von Rußland, Deutschland, Österreich, Norwegen, Italien und Schweden. — 10. Afrika. — 11. Japan. — 12. Britisch-Columbia. — 13. Argentinische Republik. — 14 Norwegen. Vgl. Text, S. 777.

auf goldführende Quarzgänge, und an vielen Orten im Wottawa- und Sazawagebiete wurden Goldwäschen betrieben. Eine rege montanistische Thätigkeit entwickelte sich im 14. und 15. Jahrhundert namentlich in Bergreichenstein und Eule, die aber im 16. und 17. Jahrhundert allmählich erlosch. Von demselben Schicksale wurde auch die zum Schlusse des Mittelalters so rege Goldgewinnung bei Zuckmantel und Freiwaldau in Schlesien und im böhmischen Riesengebirge ereilt. Ganz ähnlich erging es dem ehemals so blühenden Goldbergbaue in Oberkärnten und Salzburg. Schon die Römer betrieben daselbst nach der Eroberung von Noricum Bergbau und gründeten die Bergstadt Teurnia nahe dem Zusammenflusse der Möll und Drau. Hereinbrechende Slawen machten diesen Kulturbestrebungen im 5. Jahrhundert ein Ende, und erst als bayrische Völker von dem Lande Besitz nahmen, erstand der Bergbau von neuem, der im 15. und 16. Jahrhundert seine höchste Blüte erreichte. Bald

darauf verfiel dieser schöne Bergbau, der in und nahe der Gletscherregion, namentlich am Nauriser Goldberg und am Rathausberg bei Gastein umging, nicht so sehr infolge Verarmung der Gänge, als infolge der gewaltsamen Vertreibung der bergbaukundigen evangelischen Bevölkerung durch die unduldsamen Bischöfe von Lavant und von Salzburg. Spätere, bis in die neueste Zeit unternommene Versuche, diesen Bergbau wieder aufleben zu machen, waren nicht vom gewünschten Erfolge begleitet. Die Goldwäschen, die im Mittelalter an vielen Orten lebhaft betrieben worden, sind ebenfalls völlig erschöpft, wenn auch heute noch im Tarn, in der Garonne, im Rheine hier und da Goldkörnchen gefunden werden.

Nur die ungarisch-siebenbürgischen Bergbaue, die in jungvulkanischen Gebieten gelegen sind, haben ihre Produktivität beibehalten. Ausgedehnte Massen von vulkanischen Gesteinen breiten sich in der Gegend der alten, im 13. Jahrhundert von sächsischen Bergleuten gegründeten Bergstädte Schemnitz und Kremnitz in Oberungarn aus. Bei Schemnitz schmiegt sich an den Syenit (Quarzdiorit nach G. vom Rath) von Hodritsch Propylit an, welcher den Syenit zum Teile überwallt, so daß die Ausdehnung des letztern in der Tiefe eine größere ist als zu Tage. An der Grenze zwischen Syenit und Propylit verläuft hier der Alt-Allerheiligengang ähnlich wie in Nevada der Comstockgang. Außerdem wird sowohl der Syenit als der Propylit von zahlreichen Trachyt- und Erzgängen durchschwärmt. Von den letztern lassen sich einige weithin verfolgen, so der Grüner Gang 2000, der Spitaler Gang 8000 m weit. Da der letztere zugleich eine Breite von 40 m erreicht, so gehört er ohne Zweifel zu den mächtigsten Gängen der Erde. Die Gangspalten sind mit Bruchstücken von zersetztem Nebengesteine ausgefüllt, zwischen und in welchen die edlen Erze und Gangmineralien, wie Hornstein, Quarz, Amethyst, als Imprägnation auftreten. Ein für Schemnitz sehr bezeichnendes Erz wird lokal Sinopel genannt und besteht aus einer braunen, goldreichen Quarzmasse mit Bleiglanz, Kupfer- und Schwefelkies. Die Silbererze von Schemnitz gehören größtenteils zur Gruppe der geschwefelten Erze. Der Erzgehalt konzentriert sich namentlich auf gewisse edle Säulen, welche den Bonanzas von Nevada entsprechen. In Kremnitz liegen die Erzgänge ebenfalls in einem Grünsteintrachytstocke.

Die Gruben von Nagy-Bánya, Felsö-Bánya und Kapnik beruhen auf Gängen, die in Propylit aufsetzen, die Bergorte Vöröspátak und Nagyag, Abrudbánya, Offenbánya und Zalathna befinden sich in dem geologisch höchst mannigfaltig gebauten, von vielen eruptiven Felsarten durchbrochenen siebenbürgischen Erzgebirge. In Vöröspátak ist das silberreiche Gold in einem von Trachyten umgebenen Sandstein eingesprengt, auf Klüften kommen daselbst Goldkristalle vor, die zu den größten gehören, die überhaupt bekannt sind (s. die Tafel „Erzstufen“, Fig. 6, bei S. 769). In Nagyag ist das Gold mit dem überaus seltenen Tellur vergesellschaftet. Im siebenbürgischen Erzgebirge hat der Goldbergbau ein sehr hohes Alter, wie die Überreste dacisch-römischer Grubenbaue beweisen. Nach der Unterwerfung Daciens durch Trajan im Jahre 106 nach Christo stand dieses Land 170 Jahre hindurch unter römischer Herrschaft und wurde zu dieser Zeit in eine blühende, bergbautreibende Provinz umgewandelt. Gold- und Salzbergbau brachten große Reichtümer in das Land, welches nach Verdrängung der Römer wieder der Barbarei anheimfiel. Die gesamte Goldausbeute Ungarns hatte in der letzten Zeit den jährlichen Wert von ungefähr 4—5 Millionen Frank.

Als Ergänzung zu den statistischen Angaben, die in den vorhergehenden Zeilen eingeflochten wurden, sei noch auf die Darstellung S. 776 hingewiesen, welche in graphischer Weise den Stand der Edelmetallproduktion der Welt für das Jahr 1880 veranschaulicht. Es geht daraus am besten hervor, wie verschwindend die Mengen von Edelmetall sind, welche die verschiedenen Staaten der Erde im Verhältnisse zu Nordamerika, Australien, Rußland und Mexiko dem Welthandel zuführen.

Nach Burchard betrug die Weltproduktion an Gold:

Staaten	1881		1883		1884	
	Kilogr.	Dollars	Kilogr.	Dollars	Kilogr.	Dollars
Vereinigte Staaten	52,212	34,700,000	45,140	30,000,000	46,348	30,800,000
Rußland	36,671	24,371,343	35,913	23,867,935	32,829	21,818,304
Australien	46,178	30,690,000	39,873	26,500,000	42,960	28,551,101
Mexiko	1,292	858,909	1,438	955,639	1,780	1,183,137
Deutschland	350	232,610	457	303,722	555	368,853
Österreich-Ungarn	1,867	1,240,808	1,638	1,088,615	1,658	1,101,707
Schweden	1	665	37	24,590	19	12,627
Italien	109	72,375	109	72,375	109	72,375
Türkei	7	4,918	10	6,646	10	6,646
Argentinien	118	78,546	118	78,546	118	78,546
Kolumbien	6,019	4,000,000	5,802	3,856,000	5,802	3,856,000
Bolivia	109	72,375	109	72,375	109	72,375
Chile	194	128 869	245	163,000	245	163,000
Brasilien	1,116	741,694	952	632,520	952	632,520
Japan	702	466,548	181	120,080	256	170,270
Afrika	3,000	1,993,800	3,000	1,993,800	3,000	1,993,800
Venezuela	3,423	2,274,692	5,022	3,338,058	5,022	3,338,058
Kanada	1,648	1,094,926	1,435	954,000	1,435	954,000
Peru	—	—	—	—	179	119,250
Gesamtproduktion an Gold:	155,016	103,023,078	141,479	94,027,901	143,381	95,292,569

Es ergibt sich hieraus, daß die Goldproduktion im Rückgange begriffen ist, nur das Jahr 1884 hat einen kleinen Aufschwung zu verzeichnen.

Platin. Sowohl seine physikalischen Eigenschaften als sein geologisches Vorkommen erheben das Platin zu einem der merkwürdigsten und interessantesten Metalle. Im spanischen Amerika war es lange bekannt (Platina, das spanische Verkleinerungswort von plata, Silber), man wußte es aber weder zu bearbeiten noch zu verwenden. Gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts begannen sich die Chemiker eingehender damit zu beschäftigen und erkannten im Laufe der Untersuchungen, daß das natürliche Platin, ein stahlgraues bis silberweißes, geschmeidiges Metall mit dem hohen spezifischen Gewicht $21{,}23$, stets mit geringen Mengen von Eisen, Kupfer, Blei und einer Reihe von äußerst seltenen schweren Metallen legiert ist, die als stete Begleiter des Platins den Namen Platinmetalle erhalten haben, wie das Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium und Ruthenium.

Auf ursprünglicher Lagerstätte wurden bisher kaum nennenswerte Mengen dieses Metalles vorgefunden, meist erscheint es auf zweiter Lagerstätte im Schwemmlande, gefolgt von Gold, Chromit, Magnetit, Zirkon, Korund und Diamant. Die ersten Funde kamen aus dem goldführenden Sande des Flusses Pinto in Choco (Kolumbien), später hat man das Platin auch in Brasilien, auf San Domingo, in Kalifornien, Borneo und in schwachen Spuren auch an mehreren Orten in Europa nachgewiesen. Die Hauptlagerstätte, zugleich die merkwürdigste Anhäufung der schwersten Metalle, die auf der Erdoberfläche überhaupt bekannt ist, bildet das Schwemmland im Distrikte von **Nijni Tagilsk am Ural.** Hier werden die Platinkörner oder Pepiten von zahlreichen Serpentingeröllen begleitet; die meisten Körner lassen keine Spur des Muttergesteines erkennen, an einzelnen aber haften noch Teilchen von Chromit und Serpentin, so daß der Serpentin als Muttergestein des Platins betrachtet werden kann.

Der weitaus größte Teil des im Verkehre befindlichen Platins stammt aus dem Distrikt von Nijni Tagilsk, der von 1825 bis 1874: 66,000 kg dieses edlen Metalls geliefert hat.

Im Jahre 1880 betrug die Produktion 5800, im Jahre 1882: 4082 kg. Das Platin wurde in Rußland zeitweilig, doch ohne dauernden Erfolg, als Münzmetall eingeführt, gegenwärtig wird es hauptsächlich zu Blech und Draht, namentlich aber zu Gefäßen für chemische Operationen verwendet, wozu es sich wegen seiner hohen Feuerbeständigkeit und Strengflüssigkeit höchst geeignet erweist.

Silber. Wie das Silber in seinem geologischen Auftreten mancherlei mit dem Golde gemeinsame Züge aufweist, so teilt es mit dem Könige der Metalle auch manche physikalische und kristallographische Eigentümlichkeiten. Es kristallisiert ebenfalls in regulärer Würfelform (s. die Tafel „Erzstufen", Fig. 1, bei S. 769) oder erscheint in gestrickter, haar-, moos- oder drahtförmiger Ausbildung. Gleich dem Golde wird auch das Silber durch geschmeidiges, dehnbares Gefüge und geringe Härte (2,5—3) gekennzeichnet, dagegen besitzt es ein viel geringeres spezifisches Gewicht (10,47). Gegen Einwirkung chemischer Agenzien weniger widerstandsfähig als das Gold, erhält es sich in der Natur seltener im gediegenen Zustande, dagegen bildet es mit Schwefel, Arsen und Antimon, mit Chlor, Brom und Jod eine Reihe von Erzen, als deren wichtigste wir den Argentit oder Silberglanz (Ag_2S), Stephanit, Pyrargyrit oder dunkles Rotgiltigerz (Ag_3SbS_3), Proustit oder lichtes Rotgiltigerz (Ag_3AsS_3), Fahlerz und die Hornerze zu betrachten haben. Ein großer Teil des Silbers wird aus silberhaltigem Bleiglanz gewonnen, wie denn überhaupt Blei und Silber ebenso häufig auf gemeinsamer Lagerstätte einbrechen wie Gold und Silber.

Durch das Zusammenvorkommen von Silber mit Gold zeichnen sich namentlich die Gänge in jungvulkanischen Gesteinen aus, wie der Comstockgang Nevadas, dessen interessante geologische Verhältnisse im vorhergehenden beschrieben wurden. Im Osten von Nevada, im Wasatchgebirge Utahs, erscheinen reiche Spalt- und Kontaktgänge und Höhlenlagerstätten, in denen Silber mit Blei vergesellschaftet ist. Die Träger der Erze sind karbonische Kalke und Quarzite, die vielfach von Eruptivgesteinen durchbrochen werden. Früher wurden sie nur auf Silber ausgebeutet, gegenwärtig bildet aber auch das Blei ein Hauptprodukt. Die wichtigsten der darauf gegründeten Bergbaue sind die früher so ergiebige Emmamine, die Flagstaffmine im kleinen Cottonwoodthale, Crescent bei Alta, Ontario bei Park City, Hornsilbermine bei Frisco, die Eurekamine und mehrere andre. Die Eurekamine wird bei Besprechung des Bleies nähere Erwähnung finden. Als die Fortsetzung der Erzzone Nevadas betrachten die nordamerikanischen Geologen die berühmten silberführenden Gänge Mexikos, welche parallel dem Verlaufe der Gebirgsketten von Nordwesten gegen Südosten streichen und die großen Silberreviere von Guadelupe-y-Calvo und Durango, von Fresnillo, Zacatecas, Guanajuato und Pachuca bilden. Sie stehen in Verbindung mit Grünsteinen und jüngern Trachyten und zeigen nur einen sehr geringen Goldgehalt. Die größten Reichtümer hat das Ausgehende der Gänge beherbergt, welches gediegenes Silber mit Oxyden von Eisen und Mangan in einer korrodierten Quarzmasse eingeschlossen enthält. In den tiefern Partien der Gänge erscheinen neben gediegenem Silber vornehmlich Hornerze, die Chlor- und Bromverbindungen des Silbers, und in noch größern Tiefen werden die letztern von geschwefelten Silbererzen, begleitet von Zinkblende und Kupferverbindungen, verdrängt. In der Tiefe von ungefähr 450—500 m macht sich eine Abnahme des Adels der Gänge geltend, und es scheinen vornehmlich Zinkblende und Kiese die Füllung der Gänge zu bilden.

Man vermutet, daß die Zone der merkwürdigen Hornerze unter dem Einflusse des Meeres ihre eigentümliche Beschaffenheit erhalten habe, während die oberste Gangpartie, ausgesetzt der Einwirkung der Atmospärilien, zum „eisernen Hut" sich umgestaltete.

Kein Land der Erde hat der Menschheit so viel Edelmetall geliefert wie Mexiko, seit mehr als drei Jahrhunderten werden seine Gänge lebhaft bebaut, und noch immer ist die Jahresausbeute eine sehr beträchtliche. Von 1690 bis 1863 haben 2195 Millionen Piaster

in Silber und 103 Millionen Piaster in Gold die Münzstätten dieses Landes verlassen, die Produktion begann aber schon um mehr als ein Jahrhundert früher und war auch größer, als die Angaben der Münzstätten besagen.

Die langgestreckten Parallelketten, die den großartigen Erzreichtum Nevadas, Kaliforniens und Mexikos beherbergen, finden in den Anden von Südamerika ihre Fortsetzung und sind auch hier durch reiche Metallführung ausgezeichnet, welche eine ähnliche Verteilung auf verschiedene Gebirgszonen erkennen läßt wie in den erstgenannten Ländern. Peru und Bolivia haben hier namentlich von den Minen bei Pasco, Castro Vireyna und Potosi jahrhundertelang großartige Silbermassen bezogen. So hat Potosi allein nach der Schätzung von Humboldt von 1556 bis zum Anfange dieses Jahrhunderts an 1095 Millionen Piaster geliefert. Gegenwärtig liegt der Silberbergbau an den alten Produktionsorten im Innern des Landes danieder, obwohl der Reichtum der Gänge keineswegs erschöpft ist, dagegen wurden bei Caracoles in der Wüste Atakama, östlich vom Hafenort Mejillones, neue silberführende Gänge entdeckt, welche in oberjurassischem Kalkstein und Mergel, Quarzporphyr und Grünstein aufsetzen und in lebhaftem Abbau begriffen sind. Die Gänge im Quarzporphyr enthalten gediegenes Silber und Hornerze und zeichnen sich durch besondern Silberreichtum aus, während die Gänge im geschichteten Gesteine außerdem noch silberhaltigen Bleiglanz führen.

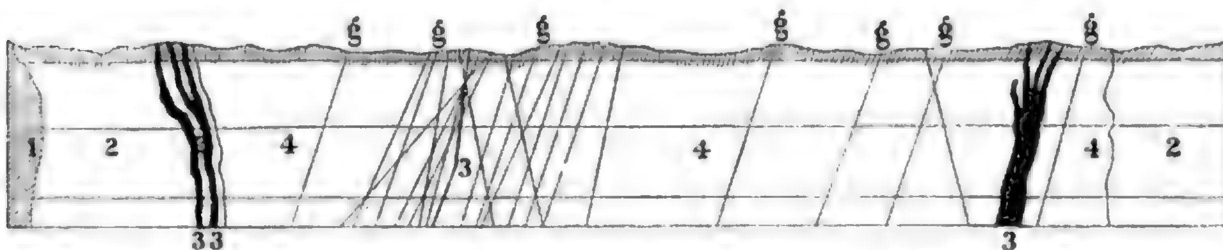
Einen gleich blühenden Silberbergbau wie in Caracoles finden wir zu Chañarcillo im Bezirke Copiapó auf dem Boden der bergbaufreundlichen Republik Chile. Die Kordilleren dieses Landes führen ebenfalls reiche Gold-, Silber- und Kupfererze, die in ähnlicher Weise zonenförmig verteilt sind wie in Bolivia. Die großen Gruben von Chañarcillo liegen in der Mittelzone der Kordilleren; oberjurassische Kalksteine erscheinen hier von zahlreichen nach Nordosten streichenden Grünsteingängen, den sogenannten „chorros“, durchzogen, von welchen aus einzelne zwischen die Kalksteinschichten eingedrungene Lager abgehen.

Diese Chorros und die intrusiven Lager sind als die Erzbringer zu betrachten, denn in ihrer Nähe zeigen die Gänge den größten Adel, und auch die benachbarten Kalkbänke wurden von ihnen aus so reichlich mit Silbererzen imprägniert, daß sie oft noch in einer Entfernung von 40 Fuß mit Nutzen abgebaut werden können. Der wichtigste Gang, die Corrida colorado, hat oben eine Mächtigkeit von 10 m, welche in der Tiefe bis auf 1 m sinken kann. Die Füllung besteht, wie in Peru, Bolivia und Mexiko, in den höhern Horizonten aus gediegenem Silber und Hornerzen mit Kalk- und Schwerspat, in den tiefern erscheinen geschwefelte Erze bei abnehmendem Silbergehalte.

Während der Goldreichtum der alten europäischen Kulturländer längst erschöpft und die Goldproduktion auf ein Minimum herabgedrückt ist, liegen für die Gewinnung von Silber in Europa günstigere Verhältnisse vor. Dieses Metall wird noch immer in beachtenswerten Mengen gewonnen, obwohl die betreffenden Produktionsorte zum Teile zu den ältesten und längst ausgebeuteten Bergbauorten der Erde gehören. In Deutschland haben wir zunächst des altberühmten Ganggebietes von Freiberg in Sachsen, jener ehrwürdigen Stätte bergbaulicher Thätigkeit, zu gedenken, welche auf die Entwickelung des Bergbaues nicht bloß in Deutschland, sondern in der ganzen Welt jahrhundertelang den wohlthätigsten Einfluß ausgeübt hat. Wie Freiberg im vorigen Jahrhundert einen der wichtigsten Ausgangspunkte der bergmännischen und geognostischen Wissenschaft gebildet hat, so war es auch jederzeit ein leuchtendes Vorbild dafür, welch segensreichen Einfluß die kluge Benutzung der theoretischen Ergebnisse der Naturwissenschaft auf die Praxis nehmen kann. Seit sieben Jahrhunderten in ununterbrochenem Gange erhalten, bewegt sich der Freiberger Silberbergbau bereits in bedeutenden Tiefen, hat aber trotzdem die jährliche Silberausbeute fortdauernd auf derselben Höhe zu erhalten verstanden. Seit 1163 bis 1882 hat Freiberg

Silber im Werte von mindestens 853½ Millionen Mark geliefert neben nicht genau bestimmbaren Mengen von Blei, Kupfer und andern Produkten.

Das Ganggebiet von Freiberg, das wichtigste des Sächsischen Erzgebirges, liegt in einer Zone von Silber und Bleierz führenden Gängen, welche sich von Meißen über Freiberg, Marienberg und Annaberg bis nach Joachimsthal in südwestlicher Richtung hinzieht und in Gneiß und Glimmerschiefer aufsetzt. Bei Freiberg unterscheidet man erstens edle Quarzgänge (über 150), mit einer Füllung aus weißem Quarz und Bruchstücken von Nebengestein und verschiedenen Silbererzen, zweitens kiesige Bleigänge (über 300), vorwiegend aus Quarz, Bleiglanz, Blende, Kupfer-, Schwefel- und Arsenikkies bestehend, drittens edle Bleigänge (an 400), aus Braunspat, Manganspat, Quarz mit silberhaltigem Bleiglanz, Rotgiltigerz und Silberglanz zusammengesetzt, viertens barytische Bleigänge (ungefähr 130) mit Schwerspat, Flußspat, Quarz, Bleiglanz, Blende, Kupfer- und Schwefelkies in krustenförmiger Ablagerung, fünftens Kupfererzgänge, hauptsächlich mit Kupferkies und andern Kupfererzen. Die Streichungsrichtung der Gänge ist bald nordwestlich, bald nordöstlich, bald rein nördlich, doch treten häufig mehrere gleichstreichende Gänge zu Zügen



Gänge von Przibram in Böhmen: 1. Granit. — 2. Schiefer. — 3. Diorit — 4. Grauwacke — g Erzgänge.

zusammen, die sich gegenseitig kreuzen können und an den Kreuzungsstellen durch besondern Erzreichtum auszeichnen. In der gesamten sächsischen Erzzone zählt man, Freiberg inbegriffen, 1848 Gänge, von denen ein beträchtlicher Teil (849) namentlich in den Bergorten Schneeberg, Marienberg, Annaberg, Joachimsthal und Johanngeorgenstadt neben Silber und Blei nickelhaltige Kobalterze führt.

Die nächste wichtige Produktionsstätte von Silber ist für Deutschland der ebenfalls Jahrhunderte alte Bergbau von St. Andreasberg, am südwestlichen Ende der Brockenpartie im Harze. Die Erzgänge setzen daselbst in einer schmalen Zone von silurischen Thonschiefern und Grauwacken (Wieder Schiefer) auf, welche im Norden an Granit, im Süden an Diabas angrenzt. Ihrer Füllung nach sind die Gänge teils Silber-, teils Eisenstein- und Kupferkiesgänge. Außerdem wird der Wieder Schiefer von mächtigen mit einem Lettenbesteg versehenen Klüften, den sogenannten „faulen Ruscheln", durchzogen, welche in ihrer Längserstreckung ein langes, schmales Ellipsoid umschließen und sich in der Tiefe vereinigen. Die Silbererzgänge treten nur innerhalb dieses Ellipsoids auf und haben deshalb eine nur geringe Ausdehnung. An den Ruscheln erscheinen sie abgeschnitten oder eine Streckeweit geschleppt. Die Eisenstein- und Kupferkiesgänge treten dagegen nur außerhalb des Ruschelellipsoids auf.

Ein analoges Ganggebiet wie das von St. Andreasberg erscheint bei Przibram in Zentralböhmen in den Schiefern und Grauwacken der untern kambrischen Formation (Przibramer Schiefer, Etage B des böhmischen Silurs nach Barrande). Bei Przibram streichen zwei Zonen von Schiefern in der Richtung von Nordosten nach Südwesten, gleichlaufend mit der Achse des böhmischen Silurbeckens, welche durch eine schmale Dislokationsspalte, die sogenannte Lettenkluft, getrennt werden (s. obenstehende Abbildung). Die zahlreichsten und edelsten Gänge setzen in der ersten Zone auf, sie streichen meist nordsüdlich und schneiden daher in schiefem Winkel das Hauptstreichen der Schichten. An der Lettenkluft erscheinen sie

wie abgeschnitten, und man hat daher die Lettenkluft lange als die Grenze der Erstreckung der Gänge nach Norden betrachtet, bis es durch glückliche Ausrichtungsarbeiten gelang, die Fortsetzung der Gänge über die Kluft hinaus zu verfolgen.

Bei Przibram sind über 50 Gänge, darunter 36 bauwürdige, aufgeschlossen; die Gangfüllung besteht neben zahlreichen metallischen und nichtmetallischen Mineralien hauptsächlich aus silberhaltigem Bleiglanz und Blende. Der mächtigste und reichste Gang, der Adalbertigang, ist dem Streichen nach auf eine Länge von 4740 m bekannt und bis zur Tiefe von 1020 m durch den tiefsten Schacht der Welt aufgeschlossen. Außer den Erzgängen treten noch zahlreiche Diabasgänge auf, welche als die Erzbringer betrachtet werden können. Manche Erzgänge liegen als Kontaktgänge zwischen dem Diabas und der Grauwacke.

Das oberungarische Silber-Gold-Revier von Schemnitz und Kremnitz, welches mit dem von Nevada so viel Übereinstimmung zeigt, wurde schon im vorhergehenden abgehandelt, und es kann daher hier darauf verwiesen werden. Wie Schemnitz so ist auch ein andrer berühmter Silberbergbau eine Gründung sächsischer Bergleute, nämlich **Kongsberg** in Norwegen. Dieser Ort repräsentierte einst das reichste europäische Silberrevier, das Silber erscheint daselbst meist in gediegener Form und prächtig kristallisiert und tritt unter sehr merkwürdigen, von allen andern abweichenden Lagerungsverhältnissen auf. Das Gebiet von Kongsberg besteht aus dünnschieferigem, häufig granatenführendem Gneiß mit untergeordneten Lagen von Glimmer-, Hornblende-, Talkschiefer und Quarzit. Meilenlange, 100—200 m breite und nordsüdlich verlaufende Streifen dieser Schiefer erscheinen mit Eisenkies angereichert, welcher verwitternd dem Gesteine eine dunkle Färbung verleiht und die Bezeichnung „Fahlbänder" für diese Schieferzüge veranlaßt hat. Rechtwinkelig dazu laufen an 500 kurze 1/2 bis 30 cm breite Gangklüfte, welche namentlich an den Kreuzungsstellen mit den Fahlbändern mit Silber und Silbererzen angereichert sind. Zu Kongsberg wurden zu wiederholten Malen große, bis zu 500 kg schwere Klumpen gediegenen Silbers aufgefunden.

Für die Weltproduktion an **Silber** geben uns die Zusammenstellungen von **Burchard** folgende Ziffern für die letzten Jahre:

Staaten	1881		1884	
	Kilogramm	Dollars	Kilogramm	Dollars
Vereinigte Staaten	1,034,649	43,000,000	1,174,205	48,800,000
Rußland	7,992	332,198	9,336	338,000
Australien	3,970	164,983	2,788	115,960
Mexiko	665,918	27,675,540	655,868	27,257,885
Deutschland	186,990	7,771,304	248,115	10,311,659
Österreich-Ungarn	31,359	1,303,280	49,424	2,054,070
Schweden	1,176	48,875	1,816	75,472
Norwegen	4,812	199,987	6,387	265,490
Italien	432	17,949	432	17,949
Spanien	74,500	3,096,220	3,562	148,000
Türkei	1,719	71,441	2,164	89,916
Argentinien	10,109	420,225	10,109	420,225
Kolumbien	24,057	1,000,000	18,286	760,000
Bolivia	264,677	11,000,000	384,985	16,000,000
Chile	122,275	5,081,747	128,106	5,325,000
Japan	22,046	916,400	21,121	877,772
Kanada	1,641	68,205	1,641	68,205
Frankreich	—	—	6,356	264,275
Peru	—	—	45,909	1,908,000
Totalsumme:	2,458,322	102,168,354	2,770,610	115,097,878

Frankreich, Spanien und England gewinnen nur unbeträchtliche Mengen von Silber durch Abscheidung dieses Metalles aus silberhaltigem Bleiglanz. Rußland, ein so hervorragender Goldproduzent, erzeugt nur wenig Silber. Fast die gesamte Silberausbeute Rußlands stammt vom Schlangenberge bei Smeinogorsk im Altai, wo silberführende Gänge in einem von Grünsteinen durchzogenen altpaläozoischen Schiefergebiete abgebaut werden. Während die Goldproduktion ein stetiges Sinken zu verzeichnen hat, erhält sich die Silberproduktion trotz niedriger Silberpreise auf bedeutender Höhe und erfährt noch immer eine geringe Steigerung.

Quecksilber. Dieses fremdartigste aller Metalle war schon im Altertume bekannt und verwendet, wurde aber nicht als Metall betrachtet. Im Mittelalter wendeten sich die Alchimisten mit besonderer Vorliebe diesem seltsamen Stoffe zu, sie wußten, daß das Quecksilber in Verbindung mit Schwefel den roten Zinnober gibt und nannten es namentlich wegen seiner Fähigkeit, Metalle zu lösen, die Mutter der Metalle, während sie im Schwefel den Vater der Metalle erblickten. Der berühmte Naturforscher Agricola (Bauer) erkannte wohl die metallische Natur des Quecksilbers schon im 16. Jahrhundert auf das bestimmteste, aber trotzdem wollte man dasselbe noch lange nicht als echtes Metall, sondern nur als metallähnlichen Körper gelten lassen.

Das Quecksilber ist in der That dasjenige Metall, welches sich von der Masse der übrigen am meisten entfernt. Bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, nimmt es erst bei —40° C. feste Form an und siedet bei 357° C. Sein spezifisches Gewicht beträgt 13,5—13,6. Obschon es in der Natur auch gediegen vorkommt, wird die Hauptmasse desselben nicht in dieser Form, sondern aus Erzen gewonnen, deren wichtigstes der Zinnober ist. Der Zinnober besteht aus 86,2 Quecksilber und 13,8 Schwefel und erscheint meist als derbes, dichtes oder erdiges Mineral, kann aber auch schöne rhomboedrische Kristalle bilden, die lebhaften Demantglanz und kochenille- oder scharlachrote Färbung zeigen (s. die Tafel „Erzstufen", Fig. 5, bei S. 769). Seltener als mit Schwefel verbindet sich das Quecksilber mit Chlor und Selen zur Bildung der sogenannten Quecksilberhornerze, und in geringer Menge beteiligt es sich auch an der Zusammensetzung gewisser Fahlerze.

Das Quecksilber kommt nur an wenigen Punkten der Erde in abbauwürdiger Menge vor, ähnlich wie das Zinn. Während aber das letztere stets von einer Flut von zum Teile seltenen Mineralien und Erzen begleitet wird, entbehrt das Quecksilber völlig einer reichern mineralischen Vergesellschaftung. Die Anschauungen über die Entstehung der Quecksilberlagerstätten wurden in neuerer Zeit durch neue und merkwürdige Aufschlüsse mächtig gefördert, welche einige Quecksilbervorkommnisse im Westen von Nordamerika geboten haben. Kennt man doch in diesem hochbegünstigten Teile der Erdrinde, der dem Menschen in kurzer Zeit ebenso großartige metallische wie wissenschaftliche Reichtümer geliefert hat, mehrere Stellen, wo die Ablagerung gegenwärtig noch fortdauert. In dem großen Thermen-, Solfataren- und Suffionengebiete, das sich in der kalifornischen Küstenkette am Fuße des 1500 m hohen vulkanischen Bergkegels Uncle Sam ausdehnt und vom Clear Lake umschlossen wird, liegt die sogenannte Sulfurbank, welche aus stromartig ausgebreitetem Trachyt besteht. Dadurch werden die heißen Quellen und die Ausströmungen von Wasserdampf, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff, die hier aufsteigen, gezwungen, den Trachyt nach allen Richtungen zu durchziehen, bevor sie ins Freie gelangen können. Auf dem Wege durch den zersetzten und veränderten Trachyt setzen nun die nach oben dringenden Dämpfe und Wässer Adern von Opal, Chalcedon, Schwefel, Zinnober und bituminöse Substanzen ab. Da die Sulfurbank bei einer Mächtigkeit von 10 m eine Fläche von 56,400 qm einnimmt, so bildet sie ein bergmännisches Objekt von großer Bedeutung, das seit 1874 durch Tagbaue mit Erfolg ausgebeutet wird.

Auch die rezenten Kieselsinterabsätze der Sulfur Springs nordöstlich vom Boraxsee enthalten Zinnober und Schwefel, führen daneben aber auch Spuren von silberhaltigem Pyrit und Gold. Sehr bemerkenswerte Verhältnisse bietet das Steamboat Valley am Ostabhange der Virginiakette, 11 km nordwestlich von Virginia City und dem Comstockgange gelegen. Der Granit dieses Gebietes wird hier von zwei Gruppen von Spalten durchzogen. Die Spalten der einen Gruppe sind mit siedendem Wasser erfüllt und werfen Strahlen aus, während bei andern Spalten die Geiserthätigkeit bereits erloschen ist. Die Spalten der letztern Art sind mit amorpher und kristallinischer Kieselsäure gefüllt und mit Zinnober imprägniert. Auch die Kieselsinterdecken, die auf der Oberfläche ausgebreitet sind, enthalten geringe Mengen von Zinnober.

So sichere und klare Einblicke in die Herkunft des Quecksilbers wie bei den genannten Vorkommnissen dürfen wir nur selten erwarten, bei andern Lagerstätten liegen die Verhältnisse etwas schwieriger. Es stellt sich aber immer deutlicher heraus, daß das Quecksilber stets an große Dislokationsspalten geknüpft ist, welche die Zufuhr dieses Metalles aus größern Tiefen ermöglicht haben. Dies ist der Fall bei den noch nicht genannten ältern Quecksilberlagerstätten Kaliforniens. Der Zinnober erscheint daselbst im Küstengebirge als lager-, stock- oder linsenartige Imprägnation im Serpentin, Trachyt und Basalt, wie in den benachbarten Kreideschichten. In der ältesten unter den kalifornischen Gruben, New Almaden, südlich von San Francisco, liegt das Quecksilbererz in der Grenzregion zwischen dem Serpentin und den ihn bedeckenden Kreideschichten, und eine ähnliche Stellung nimmt es in der Grube Redington an. In den Grubenbauen strömt häufig Kohlensäure aus, und man trifft zuweilen auf Schwefelwasserstoffquellen.

Sehr schön und überzeugend wurde die Abhängigkeit der Quecksilbererze von Dislokationsspalten durch M. Lipold bei dem bekannten Quecksilberlager von Idria in Krain nachgewiesen. Das unterste Schichtglied bilden hier die der Steinkohlenformation angehörenden sogenannten Silberschiefer, darauf folgt die ganze Reihe der Triasgebilde, über welchen infolge einer mächtigen Dislokation abermals die karbonischen Schiefer erscheinen. Die Dislokationsspalte ermöglichte die Zufuhr von Quecksilber, das in geringem Maße die Silberschiefer, hauptsächlich aber die untertriadischen Schiefer, Kalksteine und Breccien und die obertriadischen Skonza- oder Lagerschiefer imprägniert hat. Die reichsten Erze birgt der Lagerschiefer, in ihm sind die bekannten Ziegel-, Stahl-, Leber- und Korallenerze enthalten, die aus einer innigen Mengung von Zinnober, Bitumen und erdigen Bestandteilen zusammengesetzt sind. Die Entstehung der Dislokationskluft wird in die Tertiärzeit versetzt.

Weniger sicher ist man bezüglich der Auffassung des Lagers von Almaden, am nördlichen Gehänge der Sierra Morena in Spanien. Hier enthält silurischer Thonschiefer Einlagerungen von Sandsteinen und untergeordnet auch Kalksteinen, die mit Quecksilber angereichert sind, während der Thonschiefer selbst erzfrei ist. Mehrere der erzhaltigen Lagen haben eine Mächtigkeit von 8—10 m und können auf eine halbe Meile weit verfolgt werden. Mit Almaden scheint in geologischer Hinsicht das Lager von Huanca Velica in Peru nahe verwandt zu sein, wo ebenfalls Sandstein und Thonschiefer, vielleicht karbonischen Alters, mit Quecksilber erfüllt sind.

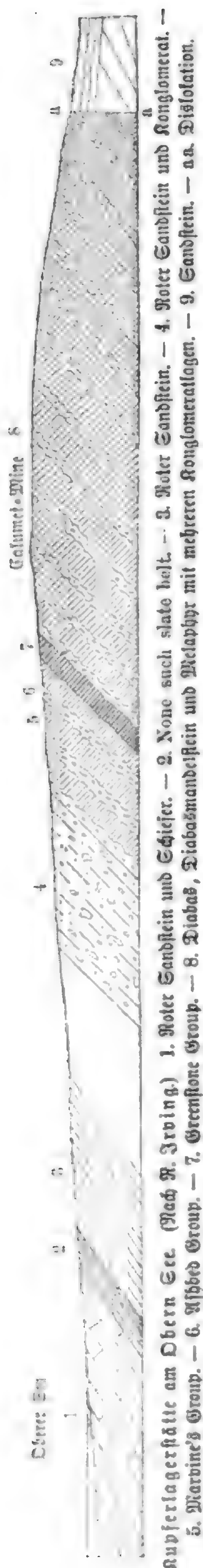
Als Lagerstätten untergeordneter Bedeutung seien noch die am Landsberge bei Moschel in der Pfalz, die des Monte Amiata in Toscana, Valalta in den venezianischen Alpen, Ripa in Modena und das Vorkommen vom Avalaberge bei Belgrad erwähnt. Das letztere wurde wahrscheinlich schon von den Römern ausgebeutet, aber erst im Jahre 1882 von neuem entdeckt. Es erregt deshalb besonderes Interesse, weil es nach v. Groddeck mancherlei Analogien zu den kalifornischen Lagerstätten darbietet.

Das Quecksilber gehört zu den für die Menschheit bedeutungsvollsten Metallen. Die größte Menge des erzeugten Quecksilbers verschlingt der sogenannte Patioprozeß zur Extraktion von Gold und Silber aus Erzen, welcher Prozeß im 16. Jahrhundert in Amerika in Gebrauch kam und bis jetzt noch durch keinen andern ersetzt ist. Wichtig ist die Verwendung des Quecksilbers zur Spiegelfabrikation, zum Vergolden im Feuer, zur Füllung physikalischer Apparate, zur Herstellung chemischer und medizinischer Präparate ꝛc. Im Altertume hat vorwiegend Almaden, das wahrhaft unerschöpfliche, den Quecksilberbedarf der Kulturstaaten gedeckt. Nachher wurde Almaden von den Mauren ausgebeutet und blieb im Mittelalter die einzige Bezugsquelle, bis sich 1497 Idria hinzugesellte. Als im 16. Jahrhundert die Gewinnung von Silber in Mexiko und damit auch der Quecksilberverbrauch so ungeahnte Dimensionen annahm, kam auch Almaden zu immer größerer Blüte; trotzdem litt die amerikanische Silberproduktion sehr häufig unter den hohen Quecksilberpreisen, die auch durch die Eröffnung des neuen Quecksilberwerkes von Huanca Velica nicht wesentlich gebessert wurden. Als gegen Ende des 18. Jahrhunderts die Produktion von Huanca Velica durch den Einsturz der Werke ins Stocken geriet, mußte Mexiko sogar aus Idria Quecksilber beziehen. Seit 1850 tritt Kalifornien in die Reihe der Quecksilberproduzenten, und dieses Land erzeugt gegenwärtig ungefähr die Hälfte des gesamten Konsums. Kaliforniens Quecksilberproduktion erreichte ihren Höhepunkt im Jahre 1879 mit 79,396 Flaschen[1]; im Jahre 1882 lieferten alle Produktionsorte des westlichen Nordamerika zusammen 52,732 Flaschen, während in demselben Jahre Almaden 45,921, Idria 11,000 Flaschen in den Handel brachten. Die Produktion der andern Punkte ist im Vergleiche zu den drei Hauptgebieten ziemlich belanglos.

Kupfer. Viel häufiger als die edlen Metalle und daher als Münzmetall weniger wertvoll, spielt das Kupfer dennoch im Haushalte der Menschheit seit langer Zeit eine hervorragende Rolle. Von allen andern Metallen unterscheidet es sich durch seine eigentümlich rote Färbung, dagegen hat es die Eigenschaft der großen Zähigkeit, Dehnbarkeit und Hämmerbarkeit mit mehreren andern gemeinsam. Natürliche Vorkommnisse von gediegenem Kupfer sind nicht eben selten, haar-, draht- oder plattenförmige Gebilde und reguläre Kristalle kennt man von vielen Lokalitäten, kaum gibt es aber prächtigere Kupferkristalle als die Zwillingsformen, durch welche die berühmten Minen am Obern See ausgezeichnet sind (s. die Tafel „Erzstufen", Fig. 7, bei S. 769).

Unter den Kupfererzen hat man vornehmlich zwei Gruppen zu unterscheiden, Verbindungen des Kupfers mit Sauerstoff und Kohlensäure und Verbindungen dieses Metalles mit Schwefel oder mit Schwefel, Antimon und Metallen. In die erste Gruppe gehören der **Cuprit** oder das **Rotkupfererz** mit 88,8 Kupfer und 11,2 Sauerstoff, ein schönes, rote oktaedrische Kristalle oder derbe Aggregate bildendes Erz, und der grün gefärbte, schalig-faserige **Malachit**, welcher aus 71,95 Kupferoxyd, 19,90 Kohlensäure und 8,15 Wasser zusammengesetzt ist. Aus der Reihe der geschwefelten Erze sind namentlich der Kupferkies, der Kupferglanz, das Buntkupfererz und das Fahlerz hervorzuheben. Der **Kupferkies** bildet tetragonale halbflächige Kristalle oder derbe Massen von messinggelber Färbung und besteht aus 34,57 Kupfer, 30,54 Eisen, 34,89 Schwefel ($CuFeS_2$). Der **Kupferglanz** (Cu_2S) setzt sich zusammen aus 79,85 Kupfer und 20,15 Schwefel. Dem Kupferkiese ist nahe verwandt das tombakbraune, oft mit bunten Anlauffarben versehene **Buntkupfererz**, in dessen Zusammensetzung 55,6 Kupfer, 16,4 Eisen und 28,0 Schwefel eintreten. Durch sehr schwankende chemische Zusammensetzung zeichnet sich das schon als Silbererz erwähnte Fahlerz aus, bei welchem neben Schwefel auch Antimon und Arsen, neben Kupfer und Silber auch Eisen, Zink und Quecksilber erwartet werden können.

[1] Eine Flasche enthält Quecksilber im Gewichte von 28,51 kg.



Kupferlagerstätte am Obern See. (Nach R. Irving.) 1. Roter Sandstein und Schiefer. — 2. None such slate belt. — 3. Roter Sandstein. — 4. Roter Sandstein und Konglomerat. — 5. Marvine's Group. — 6. Ashbed Group. — 7. Greenstone Group. — 8. Diabas, Diabasmandelstein und Melaphyr mit mehreren Konglomeratlagen. — 9. Sandstein. — aa. Dislokation.

Wohl die reichsten Kupferlagerstätten der Erde beherbergt ein kleines Gebiet in der obern Halbinsel des Staates Michigan, am Südrande des Obern Sees in Nordamerika. Die obere Halbinsel von Michigan besteht aus einem zentralen Gneiß- und Granitgebiete mit kristallinischen Schiefern, an welches sich nordwestlich und östlich in flacher und diskordanter Lagerung silurische Schichten anschließen. An die silurischen Potsdamsandsteine des nordwestlichen Flügels grenzt der kupferführende Gürtel mit einer Breite von $^2/_3$ bis 1 Meile und einer Länge von $25^3/_4$ Meilen an. Der letztere besteht aus einem Wechsel von basischen Eruptivlagern und Sedimenten. Die südlichste Zone (Bohemian Range) bildet einen mächtigen Eruptivrücken von Diabas (s. nebenstehende Abbildung), darüber folgt ein System von Melaphyrlagern mit Einschaltungen von Breccien und Sandsteinen. Das ganze System hat die enorme Mächtigkeit von 10 km und neigt sich mit 30—60° gegen Norden oder Nordwesten. Die einzelnen Diabas- und Melaphyrlager sind selten über 30 m mächtig und erscheinen auf der Oberfläche blasig-löcherig wie Lavaströme; in den Blasen haben sich sekundäre Mineralbildungen abgesetzt, so daß die oberflächlichen Partien der einzelnen Eruptivlager nunmehr den Charakter von Mandelsteinen haben. Die Konglomerate und Feldspatsandsteine bestehen aus Fragmenten der basischen Eruptivgesteine; in der nördlichen Zone der Halbinsel treten Quarzporphyrfragmente hinzu.

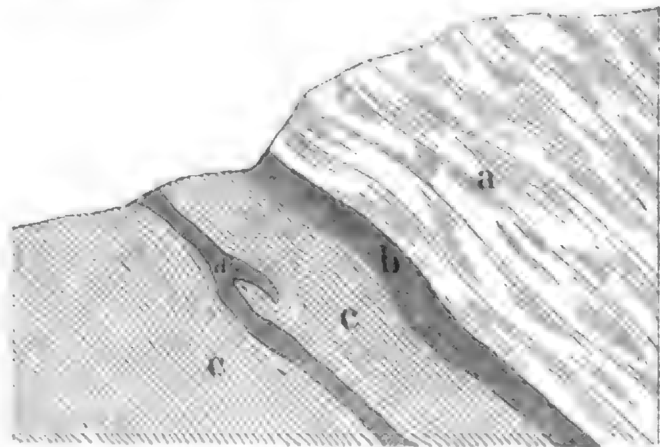
In diesem höchst eigenartig gebauten Gebirgssystem erscheint das Kupfer in dreierlei Form: 1) auf Quergängen, 2) in den hangenden, blasigen Partien der Eruptivlager, als Netzwerk und Füllmasse der Blasen, 3) in den Porphyrkonglomeraten, als Ersatz des Bindemittels. In den Gängen, welche nach Norden oder Nordwesten streichen und meist $^1/_2$—1 m mächtig sind, bildet das gediegene Kupfer oft riesige Massen, hält sich aber meist nur an das Hangende der durchsetzten Melaphyrlager; wo sich dagegen die Gänge im kompakten Eruptivgesteine oder im Sandsteine bewegen, macht sich eine Vertaubung bemerkbar. Über die Entstehung des Kupfers sind die Meinungen noch geteilt, man nimmt zumeist an, daß das Kupfer ursprünglich als Schwefelkupfer und Silikat in den basischen Eruptivmassen enthalten war und sich allmählich durch Zersetzung der Bestandteile des Melaphyrs an deren Stelle niedergeschlagen hat.

Die erste Kupfergewinnung am Lake Superior reicht in die indianische Zeit zurück. Beim Erschließen der Kupferzone entdeckte man auf einer Strecke von etwa 200 km alte seichte Tagbaue und kleine Verhaue, die zum Teile verschüttet und von mehrhundertjährigem Baumwuchse bedeckt waren, als die ersten weißen Pioniere ankamen. In den alten Bauen fand man Steinhämmer, Kupfermeißel und Holzkohle. Die indianischen Ureinwohner verstanden es nicht, das auf primitive Weise, doch wahrscheinlich mit Hilfe des „Feuersetzens" gewonnene Kupfer zu schmelzen, sie begnügten sich damit, ihm durch Hämmern die gewünschte Form zu erteilen. Obwohl sich schon zu Beginn des 17. Jahrhunderts Nachrichten über das Kupfervorkommen am Obern See verbreiteten und schon zu Ende des 18. Jahrhunderts unternehmende Engländer ihr Glück daselbst versuchten, begann doch erst zu Anfang der vierziger Jahre dieses Jahrhunderts der wirkliche Betrieb des Bergbaues, der in kurzer Zeit zu großer Blüte gelangte. In den siebziger

Jahren lieferte das Seengebiet mindestens 88 Prozent der gesamten nordamerikanischen Produktion, seit 1883 dagegen deckt es nur noch die kleinere Hälfte derselben, da die größere neuestens, seit der Vollendung der Süd-Pacificbahn, von Montana-Arizona zufließt.

Der wichtigste Distrikt von Montana ist Butte, wo die kupferführenden Gänge in zersetztem und von Verwerfungen durchzogenem Syenitgranit und Syenitporphyr auftreten; in Arizona sind die Minen von Copper Mountain (Cliftondistrikt) hervorzuheben, die an den Kontakt von Porphyr mit Sedimenten gebunden sind.

Wie gegenwärtig Nordamerika, behauptete früher durch drei Dezennien hindurch Chile den ersten Rang unter den kupferproduzierenden Staaten. Die wichtigsten Kupferbergbaue sind in der Küstenkordillere zu suchen, so der von Cerro de Tamaya unweit Tongoy, nördlich von Valparaiso, wo im Diorit ein 2—3 m mächtiger Gang aufsetzt, der als Haupterze Buntkupfer und Kupferkies enthält. Auch die Mine La Higuera bei Coquimbo und die Gänge der Algodonbai im Küstenlande der Wüste Atakama gehören dieser Zone an und sind an Diorite geknüpft, während die Erze bei Copiapo in der Hohen Kordillere nicht an eruptive Grünsteine gebunden sind, sondern in Form unregelmäßiger Gänge und Lager in kristallinischem Schiefer auftreten.



Das Rammelsberger Erzlager. (Nach Wimmer.) a Spiriferensandstein. — b Calceolaschiefer. — c Goslarer Schiefer. — d Erzlager.

In Europa verdienen zunächst die durch große Produktivität und hohes Alter des Bergbaues ausgezeichneten spanisch-portugiesischen Lagerstätten hervorgehoben zu werden. Durch die Provinzen Huelva in Spanien und Alemtejo in Portugal streicht in nordwestlicher Richtung eine etwa 183 km lange Zone von Thonschiefern oberdevonischen oder silurischen Alters, welche enorme Lager von kupferführenden Eisenkiesen enthält. Am berühmtesten sind die Minen Rio Tinto und Tharsis in Spanien. In Rio Tinto sind drei Hauptlager zu unterscheiden, der Criadero del Sur, del Norte und del Medio. Die beiden erstgenannten haben eine Länge von nahezu 3 km, weisen eine Mächtigkeit bis zu 200 m auf und liegen am Kontakte des Thonschiefers mit Porphyr. Ähnlich sind die geologischen Verhältnisse bei den zahlreichen andern Lagerstätten dieses großartigen Erzzuges.

Schon die Phöniker haben in diesem Gebiete Kupfer gewonnen, und zur Zeit der römischen Weltherrschaft ging hier durch vier Jahrhunderte ein lebhafter Bergbau um. Noch heute sind zahllose Römerschächte und Stollen, ferner Reste römischer Straßen und riesige Schlackenhalden erhalten; der Inhalt der letztern wird auf 18 Millionen Tonnen geschätzt, woraus man auf eine jährliche Gewinnung von ungefähr 2400 Tonnen Kupfer schließen kann. Für die technisch primitiven Verhältnisse des Altertumes ist diese Ziffer eine außerordentlich hohe und wird nur erklärlich, wenn man bedenkt, daß zur Zeit des Plinius an 20,000 Sklaven in dieser wüsten Gegend beschäftigt waren. Zur Goten- und Maurenzeit scheint der Betrieb geruht zu haben, er war auch späterhin ganz unbedeutend; erst im 18. Jahrhundert begannen neue Unternehmungen.

Unter den Kupferlagerstätten Deutschlands sei zunächst das Kieslager vom Rammelsberg bei Goslar im Harze erwähnt (s. obenstehende Abbildung). Es wird von oberdevonischen Schiefern, den sogenannten Goslarer Schiefern, umschlossen und besteht eigentlich aus

einer Anhäufung von mehr oder minder großen, unregelmäßigen Erzlinsen. Die größte bisher aufgeschlossene Ausdehnung des Lagers beträgt in der Längsrichtung 1200 m, die größte Mächtigkeit 15—20 m. An einer Stelle gabelt sich das Lager, wodurch die Mächtigkeit bis auf 30 m und darüber steigt. Die wichtigsten Erze, die hier aufbrechen, sind Kupferkies, Schwefelkies, Bleiglanz und Zinkblende, die insoweit eine gesetzmäßige Lagerung erkennen lassen, als im Liegenden die Kiese, im Hangenden die Bleierze vorherrschen. Der Bergbau am Rammelsberge hat ein ehrwürdiges Alter, er wurde schon zu Kaiser Ottos I. Zeiten begonnen und blüht bis in die neueste Zeit, gewisse Unterbrechungen, die durch Epidemien, Hungers- und Kriegsnöte verursacht wurden, abgerechnet. Zwischen den südlichen Abhängen des Harzes und dem Thüringer Walde tritt uns ebenfalls ein altes Bergbaugebiet entgegen, welches zu Anfang des 13. Jahrhunderts erschlossen wurde. Dort dehnt sich in übergreifender Lagerung über den Schichten älterer Formationen die als Zechstein bekannte Abteilung der Permformation aus und enthält in ihrem untern sandig-konglomeratischen Gliede einen feinkörnigen, bituminösen, harten Mergelschiefer von schwarzer Farbe und $^1/_2$ m durchschnittlicher Mächtigkeit, welcher mit Kupfererzen in feinster Verteilung imprägniert ist. Der Kupfergehalt ist freilich nicht sehr hoch, er beträgt nur 2—3 Prozent; aber dies genügt, um bei der Regelmäßigkeit der Ablagerung und der viele Quadratkilometer betragenden Ausdehnung derselben den Abbau dieses sogenannten Kupferschieferflözes zu einem lohnenden zu gestalten. Am schwunghaftesten wird der Kupferbergbau im Mansfeldschen betrieben. Ähnliche Kupfererzflöze, wie in der genannten Gegend, enthält der Zechstein an den Grenzen des rheinischen Schiefergebirges bei Stadtberge in Westfalen, zu Frankenberg in Kurhessen und auf dem Spessart-Gneiß zu Bieber in Hessen.

An das Vorkommen vom Cerro de Tamaya und vom Obern See erinnern die Gänge bei Weilburg an der Lahn und Dillenburg in Nassau. Wo die Gänge zersetzten Diabas und Roteisensteinlager schneiden, sind sie am reichsten mit Kupfer-, Blei- und Zinkerzen ausgestattet, im benachbarten Cypridinenschiefer und Sandsteine erweisen sie sich dagegen als erzfrei, ebenso im kompakten, unzersetzten Diabas.

Einen von den bisher besprochenen Erzlagerstätten gänzlich abweichenden, seltenen Typus, den der **metamorphischen Kontaktlagerstätten**, lernen wir im Banater Gebirge in Ungarn kennen, einem Gebirge, das durch merkwürdige geologische Verhältnisse wie durch mannigfaltige und reiche Erzführung ausgezeichnet ist. Der Banater Gebirgszug streicht ungefähr 10 Meilen weit in fast nordsüdlicher Richtung von Bogschan und Moravitza über Dognacska, Oravitza, Csiklowa, Szaszka nach Neu-Moldawa, wird zwischen Alt-Moldawa und Orsowa von der Donau durchschnitten und findet darüber hinaus in Serbien seine Fortsetzung. An eine mittlere Zone von kristallinischen Schiefern schließt sich beiderseits ein Band von Kalkbildungen der Jura- und Kreideperiode an. In der westlichen dieser Kalkzonen erscheinen an vielen Punkten eruptive Massen von Diorit (Banatit), die sich oft in ein wahres Netzwerk von Gängen auflösen und den umgebenden Kalkstein auf weite Strecken hin in Marmor mit Granaten, Vesuvian und Wollastonit verwandelt haben. Am Kontakte von Kalkstein, seltener Glimmerschiefer und Diorit, brechen unregelmäßig gestaltete Erzstöcke ein, die bald vorwiegend aus Kupfer- und Bleierzen, bald aus Eisenerzen bestehen (s. die Abbildung, S. 789). Dognacska und Moravitza führen hauptsächlich Magnetit, daneben geringe Mengen von Zinkblende, Kupfer- und Wismuterzen, Oravitza, Cziklowa und Szaszka geben vorwiegend Kupfererze, Neu-Moldawa, die Gegend der „centum putei“ des Tacitus, kupferführende Schwefelkiese, die gegenwärtig nur auf Schwefelkies zur Schwefelsäurefabrikation gewonnen werden. Auch andre Teile Ungarns zeichnen sich durch Kupferführung aus, wie die Gegenden von Schmölnitz und von Herrengrund in Oberungarn.

Gleich merkwürdig wie die Banater Kontaktstöcke sind die nesterförmigen Kupferlagerstätten, die an gewisse zwischen Genua und der Südgrenze Toscanas auftretende Diabas- und Serpentinaufbrüche gebunden sind. Die wichtigsten Gruben befinden sich gegenwärtig bei Montecatini, westlich von Volterra. Das Gebirge besteht vorwiegend aus eocänen Schiefern und Sandsteinen, innerhalb deren der Diabas (früher als Gabbro bestimmt) der Monte Massi inselförmig auftaucht. An der Grenze des Diabas erscheinen unregelmäßige Serpentinpartien und mit diesen eine Gangmasse von Serpentin, Serpentinkonglomerat und Thon, die das Erz in Form isolierter Kugeln (noccioli) führt. Die Erzführung, aus Kupferkies, Buntkupfer und Kupferglanz bestehend, ist eine sehr unregelmäßige, es sind nicht nur die Noccioli ihrer Größe nach sehr verschieden, sondern es erweisen sich auch verschiedene Teile der Gangpartie bald als taub, bald als erzreich. Diese Unregelmäßigkeit der Erzführung ist wohl auch mit ein Grund, warum der Bergbau oft nur mit Ein-

Kupfererzvorkommen von Szaszka im Banat. 1. Kreidekalk. — 2. Metamorphosierter, kristallinischer Kalk. — 3. Banatit. — 4. Gangarten, vorwaltend Granat (Kontaktbildung). — 5. Kupfererze. Vgl. Text, S. 788.

buße geführt werden konnte, nachdem die reichsten zu Tage ausgehenden Erzmittel wohl schon vor zwei Jahrtausenden von den Etruskern, den alten Meistern der Schmiedekunst, verwertet worden sind.

Schweden und Norwegen gewinnen Kupfer an vielen Punkten, namentlich in Falun, Röraas, Helgeland, Örkedal, Vigsnäs, auf Kieslagern, die sämtlich kristallinischen Schiefern eingelagert sind.

Frankreichs Kupferproduktion ist eine ganz unbeträchtliche, geringe Mengen werden aus Gängen in den Departements Gard und Var, in den Niedern Pyrenäen und in Savoyen gewonnen. Die ehemals berühmten Kupferminen von Chessy bei Lyon sind längst erloschen und haben gegenwärtig nur noch mineralogisches Interesse. Auch in England ist der Kupferbergbau im Rückgange begriffen. Die wichtigsten Kupferminen enthält das durch seinen Zinnreichtum ausgezeichnete Ganggebiet von Cornwallis im südwestlichen England. Zahlreiche, 1—10 und mehr Meter mächtige Gänge durchsetzen hier devonische Schichten und erscheinen in ihrer Verbreitung an eruptive Granite und Quarzporphyre gebunden.

Im europäischen Rußland richtet sich die Kupfererzeugung hauptsächlich auf die sedimentären Kupfersandsteine, welche ähnlich wie der Kupferschiefer in Deutschland der obern Permformation eingeschaltet sind und sich in wenig gestörter, fast horizontaler Lagerung in den Gouvernements Perm, Jekaterinenburg, Ufa und Orenburg über ein Areal von mehr als 18,000 □Meilen ausdehnen. Im Ural werden namentlich die durch ihre schönen Malachitmassenb erühmten Gruben in der Tagilsker Gegend (Rudiansk) ausgebeutet, während die am Kontakt von Silurkalkstein mit dioritischen und porphyrischen Eruptivgesteinen

gelegenen Stöcke durch ihren Erzreichtum und ihren geologischen Bau Interesse verdienen. Auch die Gegend südlich vom Tagiler Dominium ist kupferreich.

Einige Worte seien noch über die Kupferlagerstätten **Australiens** hinzugefügt. Die Zahl derselben ist beträchtlich, in Neusüdwales kann die Cobar Copper Mine als wichtig hervorgehoben werden, welche Gänge in silurischen Schiefern bebaut. In Queensland ist zunächst Peak Mine zu nennen, wo das Kupfer, ähnlich wie am Obern See, an doleritische Mandelsteine geknüpft ist. Südaustralien verdankt wesentlich dem Kupferbergbaue seinen Aufschwung, der zunächst von der überaus reichen Kontaktlagerstätte der Burra-Burra-Mine ausging. Später haben sich namentlich die an Porphyrite gebundenen Vorkommnisse der Wallaroo Minen und der Moonta Mine als sehr ergiebig erwiesen.

Die Kupferproduktion der wichtigsten Produzenten stellt sich nach E. **Reyer** und **Merton** folgendermaßen dar (in Tausend Großtonnen ausgedrückt):

	1880	1882	1884		1880	1882	1884
Vereinigte Staaten von Nordamerika	25	41	64	Venezuela	1,6 } für 1879	—	4,6
Chile	43	92,9	41,6	Rußland	3	—	4
Spanien und Portugal	84	37	43,7	Norwegen	2,4	—	2,7
Deutschland	10,8	13,2	14,8	England	3,16	—	2,5
Australien	9,7	8,9	13	Italien	1,14	—	1,32
Japan	1,9 } für 1879	—	6	Bolivia	2	—	1,3
Kapland	4,3	—	5	Österreich-Ungarn	1,2	—	0,9

Aus der vorstehenden Tabelle erhellt, daß die nordamerikanische Kupferproduktion, die sich seit vier Jahren verdoppelt hat, im Weltverkehre unbestritten die erste Stelle einnimmt. Dann folgt Chile, das so lange den ersten Rang behauptet hatte, für die Jahre 1880 bis 1883, im Jahre 1884 erscheint es bereits von der Iberischen Halbinsel überflügelt. An vierter Stelle erscheint Deutschland, an fünfter Australien. Die gesamte Kupferproduktion der Welt schätzt **Merton** für 1879 auf 149,156, für 1884 auf 208,313 Großtonnen.

Blei. Große Dehnbarkeit, Geschmeidigkeit, geringe Härte, niederer Schmelzpunkt und hohes spezifisches Gewicht (11,352) sind die wesentlichsten Eigenschaften, die wir an dem Metalle Blei wahrnehmen. Gegen chemische Einwirkungen wenig widerstandsfähig, kommt es in der Natur nur selten in gediegenem Zustande in draht- und haarförmigen, ästigen Gebilden oder kleinen Platten vor, dagegen bildet es mit andern metallischen und nichtmetallischen Stoffen eine Reihe von Verbindungen, unter welchen das Bleisulfuret, der Galenit oder Bleiglanz die größte Wichtigkeit beansprucht, da der weitaus größte Teil des in Umlauf befindlichen Bleies aus diesem Erze gewonnen wird. Der Bleiglanz besteht aus 86,6 Blei und 13,4 Schwefel, häufig mit einem kleinen Silbergehalte, und stellt sich als ein bleigraues Erz mit lebhaftem metallischen Glanze und deutlicher Spaltbarkeit dar, dessen frei liegende Partien in großen würfelförmigen, seltener oktaedrischen (s. die Tafel „Erzstufen", Fig. 8, bei S. 769) Kristallen ausgebildet sind. Von geringerer ökonomischer Bedeutung ist das Bleisulfat oder Anglesit, das Bleicarbonat, der Cerussit (Weißbleierz) und das Bleiphosphat oder Grünbleierz.

Bleierze können unter sehr verschiedenartigen geologischen Verhältnissen auftreten, bald erscheinen sie in Ausscheidungsflözen, bald in Lagern, bald in regelmäßigen Gängen, bald bilden sie, mit Zinkerzen vergesellschaftet, die Ausfüllung von unregelmäßigen Höhlungen im Kalkgebirge. Deutschland bietet uns Beispiele für jede Art des Vorkommens dar. Zu den Ausscheidungsflözen haben wir die Lagerstätte von Kommern in der Eifel zu stellen. Daselbst erscheint über den devonischen Schichten eine Mulde von Buntsandstein (untere Trias) in einer Länge von 3 Meilen und einer durchschnittlichen Breite von einer Meile.

In der untern Abteilung schalten sich Sandsteinflöze mit eigentümlichen Konkretionen, den sogenannten Knotten, ein. Diese Knotten bestehen aus Sandkörnern, die durch ein Bindemittel aus Bleiglanz, Weißbleierz und geringen Mengen von Kupfererzen zementiert erscheinen. Die Knotten liegen bald dicht gedrängt beisammen, bald erscheinen sie nur vereinzelt. Der Abbau wird auf dem Bleiberge zwischen Call und Mechernich betrieben.

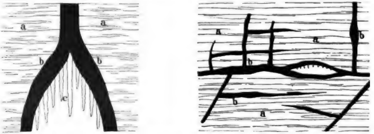
Die Lagerform zeigt in ausgeprägter Weise der bereits besprochene Rammelsberg, wo Bleierze mit Kupferkiesen zusammen einbrechen. Als Typus der Gangform können wir die Lagerstätte von Klausthal im nordwestlichen Harze betrachten. Die Schichten des Kulms und Devons werden hier von mächtigen Verwerfungsspalten durchzogen, die mit zertrümmertem Nebengesteine, Grauwacke und Thonschiefer, Quarz, Kalkspat, Schwerspat, silberhaltigem Bleiglanze, Zinkblende und Kupferkies, erfüllt sind. Diese Gänge können bis zu 40 m Mächtigkeit erreichen, treten manchmal zu Scharungen zusammen und ordnen sich zu Gangzügen, welche ein unterhalb des Brockens auslaufendes Strahlensystem bilden. Ausgezeichnete Bleiglanz-Gangzüge erscheinen ferner im Unterdevon des rheinischen Schiefergebirges. Ein solcher Gangzug läßt sich von Peterswalde bis Holzappel an der Lahn auf eine Länge von 7³/₄ Meilen verfolgen. Ein fernerer Gangzug erstreckt sich von Braubach am Rheine über das Lahnthal bei Ems bis nach Dernbach. Das Ganggebiet von Freiberg im Sächsischen Erzgebirge, das ebenfalls eine ziemlich beträchtliche Bleiausbringung bietet, wurde schon im vorhergehenden beschrieben.

Nach dem Typus der Höhlenfüllungen endlich sind die reichen Blei- und Zinklagerstätten in Oberschlesien gebaut, die bereits um 1230, als die Probstei Beuthen gestiftet wurde, die Entfaltung eines blühenden Bergbaues veranlaßt haben. Man unterscheidet in Oberschlesien zwei flache, im untern Muschelkalke gelegene Erzmulden, von denen die eine die reichsten Zinklagerstätten enthält und daher bei Besprechung des Zinkes beschrieben werden wird, während die andre hauptsächlich auf Blei ausgebeutet wird. Diese letztere breitet sich bei Tarnowitz über einen Flächenraum von etwa einer Quadratmeile aus und besteht aus vielen unregelmäßig gestalteten Erznestern, die durch taube Partien getrennt sind, aber stets ein bestimmtes Niveau in der mittlern Partie des untern Muschelkalkes einhalten. Denselben Typus repräsentieren ferner die Lagerstätten von Brilon und Iserlohn in Westfalen und die zwischen Aachen und Philippeville in Belgien.

Unter den Bleierzlagerstätten Österreichs verdienen neben dem bereits besprochenen Przibramer Ganggebiete vornehmlich die südalpinen, welche an obertriadische Kalke und Dolomite gebunden sind, eine eingehende Würdigung. In der bestgekannten Lokalität Raibl in Kärnten liegen die erzführenden Kalke und Dolomite über den Tuffen von Kaltwasser und werden von einem schieferigen Verbande, den Raibler Schichten, überlagert. Die Schichten des erzführenden Kalksteines werden von mehreren nordsüdlich verlaufenden Klüften, den sogenannten Blättern, um 40—60 m verworfen. Über Tags äußern sich diese Blätter durch die Thalbildung der sogenannten Klammen, unter Tags erkennt man, daß das Bleierz stets an die Blätter gebunden ist. Es verlaufen nämlich neben den Blättern mehr oder minder unregelmäßig gestaltete Höhlungen, welche mit Krusten von Bleiglanz, Schalenblende, Eisenkies und Dolomit ausgekleidet sind. Davon verschieden und räumlich getrennt sind die Zinkerzlagerstätten von Raibl, die nicht als Hohlraumausfüllungen, sondern als Pseudomorphosen nach Kalkstein aufzufassen sind. Analoge Lagerstätten wie in Raibl erscheinen in den Lokalitäten Greifenburg, Deutsch-Bleiberg, Villach, Klagenfurt. Auch die Trias der Bayrisch-Tiroler Nordalpen enthält ähnliche Blei-Zinkminen von geringerer Wichtigkeit.

In England ist der Bleibergbau von hohem Alter; manche Lagerstätten, wie die von Cardiganshire und Shropshire, wurden bereits von den Römern ausgebeutet. In

Cumberland und Derbyshire erscheinen Bleierze in queren Gangspalten und Schichtungsklüften im Kohlenkalke. Wichtige Bergbaue befinden sich ferner in Montgomeryshire, North Wales, Carnarvonshire, Yorkshire, Cornwall, auf der Insel Man und andern Orten. Frankreich gewinnt Blei aus unregelmäßigen Taschen und Höhlungen im Liaskalke von Parran (Departement Gard) in den Cevennen, aus Gängen im Gebiete von Poullaouen und Huelgoat bei Morlaix in der Bretagne, ferner im Gebiete von Aveyron in Südfrankreich und in der Gegend von Forez und Pontgibaud, unweit Clermont. Die Gänge der letztern Gegend enthalten Schwerspat neben silberhaltigen Bleierzen, Zinkblende, Kupfererzen als charakteristische Gangart und befinden sich in der Nähe der erloschenen Vulkane der Auvergne. Die Gänge des Aveyrongebietes setzen in kristallinischen Schiefern auf und finden sich nur da, wo die letztern von vulkanischen Gesteinen durchbrochen werden. Der genetische Zusammenhang zwischen den letztern ist hier sehr klar und unbezweifelbar.

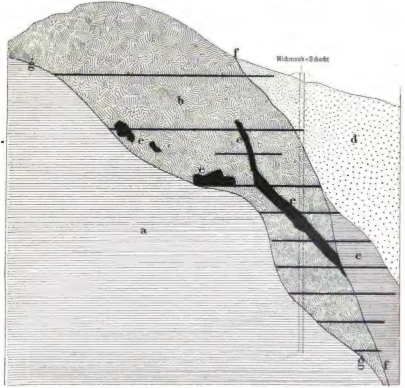


Höhlenfüllung im Dolomit am obern Mississippi. (Nach Whitney.) a Dolomit — b Bleierz — c Kalksinter. Vgl. Text, S. 793.

Spaniens Bleierzlagerstätten zeichnen sich durch große Produktivität aus. In einigen derselben haben nacheinander die Phöniker, Karthager, Römer und teilweise auch die Araber Bergbau betrieben und Spuren ihrer Thätigkeit hinterlassen, wie in Linares und in der Gegend von Cartagena. Das Gebiet von Linares in den Ausläufern der Sierra Morena wird aus Granit zusammengesetzt, auf welchem isolierte Partien von rotem Thone, Quarzkonglomerat und rotem Sandsteine horizontal aufruhen. Die Gänge durchsetzen sowohl den Granit als die darauf gelagerten Sedimente, können bis zu 8 m mächtig werden und wurden teilweise bis auf 6 km Länge verfolgt. Bald ist die ganze Mächtigkeit der Gänge mit derbem Bleiglanze erfüllt, bald bildet Nebengestein, Quarz, Kalkspat und Bleierze, die Füllung. In den obern Teufen ist der Bleiglanz in Weißbleierz umgewandelt, und am Ausgehenden treten Eisen und Kupfererze hinzu. Der Bleierzbistrikt von Cartagena zieht sich von der genannten Stadt in östlicher Richtung der Meeresküste entlang. Das Gebirge besteht hauptsächlich aus Kalkstein, in dem die Bleierze als Füllung von Gängen, Taschen und Höhlungen erscheinen. Ein ausgezeichnetes Bleierzganggebiet bildet das der Sierra Almagrera (Provinz Almeria). Wenige, aber mächtige und erzreiche Gänge durchsetzen hier Thonschiefer und Glimmerschiefer und zeichnen sich durch lagerförmige Anordnung der Gangarten aus.

In Nordamerika war früher die Bleigewinnung auf den mittlern und östlichen Teil des Landes beschränkt; mit dem Aufschwunge des Silberbergbaues und der Vervollständigung des Eisenbahnnetzes im Westen hat sie sich auch dorthin verpflanzt und hat nunmehr daselbst einen ihrer Hauptsitze. Im Osten Nordamerikas, in den Staaten New York, Tennessee, Virginia, erscheinen Bleierze zum Teile in Gängen im Silur und in der Gneißzone des Alleghanygebirges,

zum Teile in regelmäßigen Flözen. Die Bleierzflöze schalten sich bei Austin in Virginia, Knoxville in Tennessee, Friedensville in Pennsylvanien und an andern Orten in den wohlgeschichteten Dolomit der untersilurischen Trentongruppe ein und können bis zu 6 m Mächtigkeit erreichen. Im mittlern Teile des Landes befinden sich die frühern Hauptgegenden des amerikanischen Blei- und Zinkbergbaues und zwar der Galenadistrikt am obern Mississippi an der Grenze der Staaten Wisconsin, Iowa und Illinois und der südliche Missouri-



Durchschnitt durch die Eureka-Mine, Newada. (Nach Curtis.) a Prospect Mountain-Quarzit. — b Prospect Mountain-Kalk, zertrümmert. — c Prospect Mountain-Kalk, wohlgeschichtet. — d Secret Cañon-Schiefer. — e Erzkörper. — ff Ruby Hill-Bruchlinie. gg Secondary-Fissure, Bruchlinie. Vgl. Text, S. 794.

distrikt. Die Lagerstätten des Galenadistriktes sind auf einen Flächenraum von 140 geographischen Quadratmeilen verteilt und gehören zu den Höhlenfüllungen. Bald sind es schmale, vertikale Spalten, hier und da mit bauchigen Erweiterungen, bald größere, unregelmäßige Hohlräume, welche im Galenadolomite der untersilurischen Trentongruppe auftreten und mit Blei- und Zinkerzen, zuweilen begleitet von Kalkspat, Schwerspat und Schwefelkies, erfüllt sind (s. Abbildung, S. 792). Im Missouridistrikte liegen Blei- und Zinkerze unter ähnlichen geologischen Verhältnissen in silurischen und karbonischen Kalken. Eine der Gruben dieses Distriktes, die Mine La Motte, wurde schon im vorigen Jahrhundert betrieben.

Im Westen der Vereinigten Staaten beteiligen sich die Staaten Utah, Nevada, Colorado, Kalifornien und Montana an der Bleiproduktion. Aus der Reihe der zahlreichen Blei-Silberlagerstätten, von denen einige schon im vorhergehenden genannt wurden, seien hier nur zwei besonders hervorgehoben, die in neuerer Zeit eine große ökonomische Bedeutung erlangt und zugleich eine eingehende geologische Beschreibung erfahren haben, nämlich die Lagerstätten von Leadville in Colorado und vom Eurekadistrikte in Nevada. Die Stadt Leadville, welche in kurzer Zeit durch den Bleibergbau erblüht ist, liegt in 10,150 engl. Fuß Meereshöhe am Westabhange der Mosquitokette. Das Gebiet wird aus archäischen, kambrischen, silurischen und karbonischen Gesteinen zusammengesetzt, welche von mesozoischen Porphyren durchbrochen werden. Die Erze sind hauptsächlich an die Gesteinsgrenze der Porphyre gegen den Kohlenkalk gebunden und werden von Emmons als Produkt der Auslaugung metallischer Bestandteile aus den Porphyren und einer pseudomorphen Umwandlung des Dolomites oder Kalksteines erklärt.

Der Grubendistrikt von Eureka liegt auf dem nördlichen Ausläufer des Prospect Mountain im Diamond-Range im östlichen Nevada. Kambrische, silurische und devonische Schichten beteiligen sich neben alten Graniten an der Zusammensetzung des Gebirges und werden von vielen Eruptivgesteinen, Quarzporphyren, Rhyolithen, Andesiten und Basalten durchbrochen. Der Prospect Mountain und der sich nördlich anschließende Ruby Hill bestehen fast nur aus kambrischen Schichten, die zu einem nordsüdlich streichenden Gewölbe zusammengepreßt sind und von zahlreichen Längs- und Querspalten durchsetzt werden. Am Ruby Hill sind namentlich zwei Spalten von Bedeutung, von denen eine an der Grenze zwischen Kalkstein und Quarzit verläuft (s. Abbildung, S. 793). In den südöstlichen Teil der Hauptspalte ist Rhyolith eingedrungen, der nordwestliche ist nur mit Letten ausgefüllt. Diese beiden Spalten umschließen eine keilförmige Masse von Prospect Mountain-Kalkstein, welche durch und durch zerrüttet und zerstückelt ist und die Erze in regelloser Anordnung enthält. Die Erze, in der Tiefe aus silberhaltigem Bleiglanze, mit Blende, Pyrit und Arsenopyrit, in den obern Regionen aus Anglesit, Cerussit und Brauneisenerz bestehend, füllen bald Spalten, bald nest- oder stockförmige Hohlräume von bedeutender Größe aus. Nach Curtis stehen die Rhyolitheruption und die Erzbildung in ursächlichem Zusammenhange. Im Gefolge der erstern dürften Solfataren entstanden und Thermalwasser emporgestiegen sein, welche die Metallsulfide mitbrachten und sie in den Klüften und Höhlungen des zerrütteten Kalksteines niederlegten.

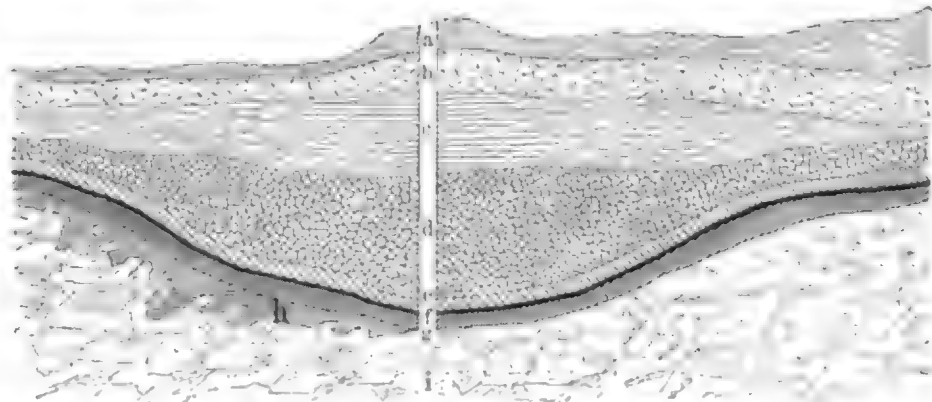
Die Gesamtproduktion der Welt an Blei wurde von Landsberg für das Jahr 1884 auf 450—500,000 Tonnen geschätzt. Daran beteiligen sich mit den höchsten Ziffern die Staaten Nordamerika, Deutschland und Spanien und zwar Nordamerika mit 139,897 Tonnen, Deutschland mit 98,814 Tonnen und Spanien mit 90,000 Tonnen. Im Jahre 1881 war der Stand der Bleiproduktion der Welt folgender:

Spanien	120,000	Tonnen	Italien	10,000	Tonnen
Nordamerika	105,000	"	Griechenland	9,000	"
Deutschland	90,000	"	Belgien	8,000	"
England	67,000	"	Österreich	6,000	"
Frankreich	15,000	"	Rußland	1,500	"

Noch im Jahre 1881 war demnach Spanien der Hauptbleiproduzent der Welt, wurde aber in der Folge von Deutschland, noch mehr aber von Nordamerika überflügelt. Einen eigentümlichen Gang hat die Bleiproduktion in Nordamerika genommen. Nordamerikas Bleigewinnung konnte trotz vieljähriger Entwickelung den einheimischen Bedarf lange Zeit nicht decken, und Europa fand daselbst einen wichtigen und willkommenen Abnehmer für seinen Überschuß an dem genannten Metalle. Es hatte dies seinen Grund keineswegs in einer

natürlichen Armut des Landes an Blei, sondern in der Mangelhaftigkeit der Kommunikationsmittel und dem Umstande, daß sich die meisten verfügbaren Kräfte der lohnendern Ausbeute der Edelmetalle widmeten. Erst in der Mitte der siebziger Jahre konnte man sich den noch jungfräulichen Bleilagerstätten im Westen mit Energie zuwenden und brachte die Produktion fast plötzlich auf eine solche Höhe, daß Nordamerika zum wichtigsten Bleiproduzenten der Erde wurde und nicht nur keine nennenswerte Einfuhr dahin stattfand, sondern sich sogar ein Export entwickelte, welcher ein rasches Sinken der Bleipreise in Europa zur Folge hatte. Spaniens Produktion ging stark zurück, während Deutschland, trotz der drückenden amerikanischen Konkurrenz, bis 1884 noch immer eine Steigerung seiner Produktion aufweisen konnte, jedoch im Jahre 1885 seine Produktion um 2600 Tonnen niedriger stellen mußte als im Vorjahre.

Zink. Gewisse Zinkerze wurden schon im Altertume und im Mittelalter in Verbindung mit Kupfer zur Darstellung von Messing verwendet, ohne daß man das metallische Zink gekannt hätte. Andre Zinkerze wußte man gar nicht zu verwerten und ließ sie, wenn sie der mitvorkommenden Bleierze wegen gefördert werden mußten, unbeachtet auf den Bergwerkshalden liegen. Im 16. Jahrhundert wurde das metallische Zink bekannt, aber erst im vorigen Jahrhundert begann die Zinkdarstellung im großen. Die technische Bedeutung dieses Metalles war trotzdem noch lange Zeit nicht gehörig gewürdigt worden. Erst als man später erkannt hatte, daß das Zink einerseits vor dem Kupfer und dem Eisen den Vorzug leichterer Schmelzbarkeit und größerer Dehnbarkeit voraus hat, anderseits das Blei durch größere Festigkeit und Leichtigkeit (spezifisches Gewicht 6,8—7,3) übertrifft, hat die Verwendung dieses Metalles einen größern Aufschwung genommen. In neuester Zeit ist die Wichtigkeit des Zinks durch die immer allgemeinere Verwendung der galvanischen Elektrizität noch bedeutend gestiegen.



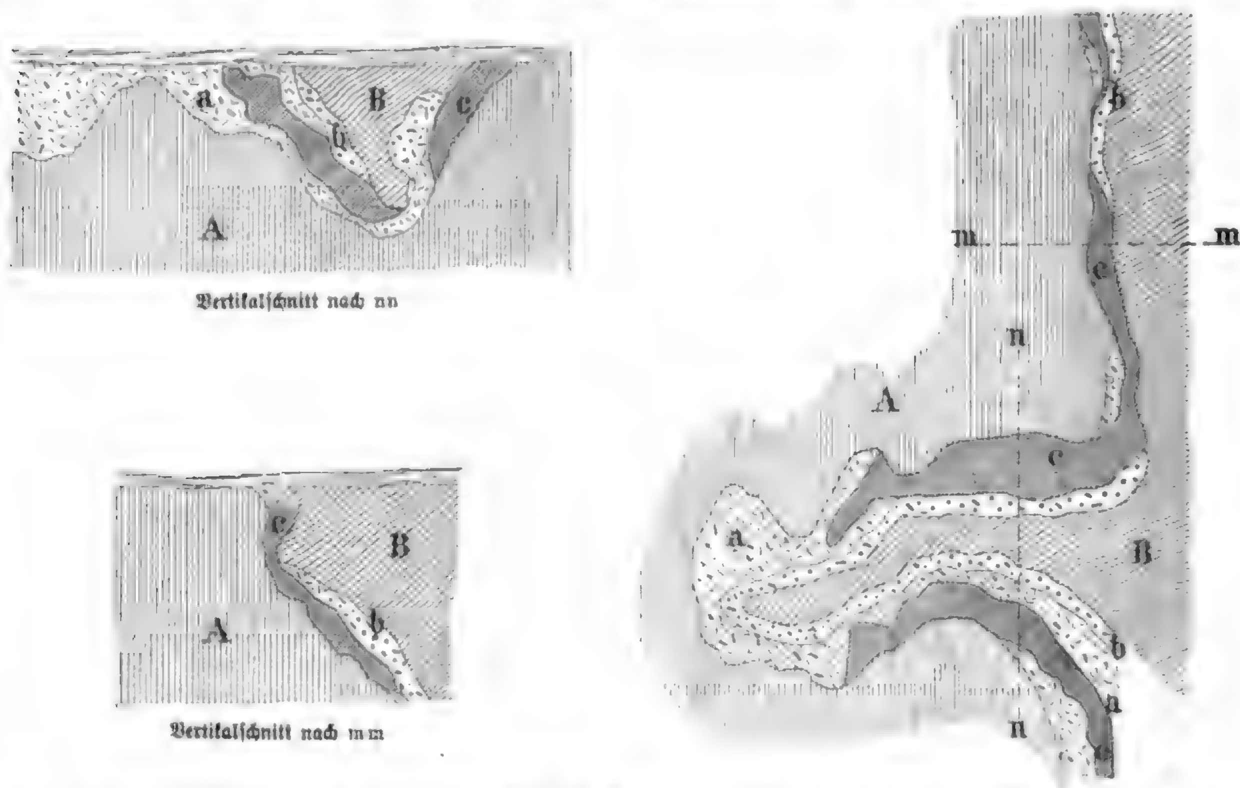
Eisen-, Blei- und Zinkvorkommen in Oberschlesien. (Nach Sage.) a Letten. — b Schwimmendes Gebirge. — c Letten. — d Eisenerze. — e Dolomit. — f Bleierzlage. — g Roter Galmei. — h Weißer Galmei. — i Sohlenkalkstein. Vgl. Text, S. 796.

Blende und Galmei sind die wichtigsten Erze dieses in der Natur gediegen nicht vorkommenden Metalles. Die Zinkblende oder Sphalerit ist eine Verbindung von 67 Zink und 33 Schwefel und bildet reguläre, oft zu Zwillingen verwachsene Kristalle von halbflächiger Ausbildung mit lebhaftem Glanze und brauner Färbung (s. die Tafel „Erzstufen", Fig. 4, bei S. 769). Unter der Bezeichnung Galmei faßt der Bergmann zweierlei Erze zusammen, das Zinkkarbonat, Zinkspat oder Smithsonit mit 64,8 Zinkoxyd und 35,2 Kohlensäure und das Kieselzinkerz, Calamin oder Hemimorphit mit 25 Kieselsäure, 67,5 Zinkoxyd und 7,5 Wasser. Das erstere Erz kristallisiert in rhomboedrischen, das letztere in rhombischen Kristallen, beide erscheinen aber viel häufiger in derben, traubigen, nierenförmigen oder faserigen Aggregaten von gelblicher oder bräunlicher Färbung. Außerdem erscheint das Zink noch als Bestandteil mehrerer andrer Mineralien, die aber keine besondere Bedeutung als Erze haben.

Bei Besprechung der Bleierzlagerstätten wurde bereits hervorgehoben, daß mit dem Blei in der Natur fast stets Zink vergesellschaftet vorkommt, so daß fast auf allen Bleierzbergwerken

auch mehr oder minder erhebliche Mengen von Zinkerzen gewonnen werden. Es erübrigen daher zu dem, was schon im vorhergehenden über die Blei-Zinklagerstätten mitgeteilt wurde, nur noch einige ergänzende Bemerkungen. Zuweilen brechen Blei und Zink wohl in demselben Erzdistrikte ein, lassen aber doch eine gewisse räumliche Trennung erkennen, wie z. B. in den Südalpen bei Raibl oder in Oberschlesien.

In Oberschlesien erscheinen die wichtigsten Zinkerzlagerstätten in einer etwa 3 Meilen langen, 1/4 bis 1/2 Meile breiten Mulde, welche sich in westöstlicher Richtung von Miechowitz bei Beuthen bis nach Czeladz und Bendzin in Russisch-Polen hinzieht (s. Abbildung, S. 795). Die Zinkerze liegen daselbst wie die Bleierze in der mittlern Abteilung des untern Muschelkalkes. Sie breiten sich auf dem sogenannten Sohlenkalksteine aus, füllen topf-



Blei-Zinklagerstätte von Welkenraedt. (Nach M. Braun.) A Kalk. — B Schiefer. — a Letten mit Eisenstein. — b Schiefer mit Bleiglanz. — c Galmei.

oder taschenartige Vertiefungen desselben aus und dringen wohl auch in kurze Spalten und Klüfte ein. Die Decke der Erzlager bildet bald der Dolomit des untern Muschelkalkes, bald tertiäre Thone und Sande. Die Zinkerze, Zinkspat, Kieselzink und Blende sind selten ganz rein, sondern meist mit Brauneisenstein, Letten, Dolomit und Kalkspat gemengt. Die oberschlesische Galmeimulde erstreckt sich bis nach Russisch-Polen und in die Gegend von Ploki bei Krakau in Galizien.

Die nächst wichtigsten europäischen Zinkdistrikte sind die rheinisch-belgischen. Die obenstehende Abbildung gibt ein Bild des geologischen Baues einer der bekanntesten Lagerstätten, der von Welkenraedt, wo sich die Zinkerze, begleitet von Bleiglanz und Eisenerzen, an der Grenze von Kohlenkalk und Kohlenschiefer einstellen.

Geologische Verhältnisse, die von denen aller andern Zinkerzlagerstätten gänzlich verschieden sind, weist ein Vorkommen auf, welches in Ämmeberg bei Askersund (Wettern) in Schweden abgebaut wird. Hier erscheint Zinkblende als Imprägnation von Gneiß, indem sie zuerst untergeordnet auftritt, allmählich aber alle Bestandteile des Gneißes verdrängt, der in einer Mächtigkeit von 15 bis 20 m und auf eine bedeutende Ausdehnung im

Streichen in ein körniges Blendegestein umgewandelt erscheint. In Sardinien liegen die Zinkerze in silurischen Kalksteinen und werden am lebhaftesten am Monte Poni bei Iglesias ausgebeutet. Sie bilden einzelne stockförmige Massen im Kalksteine und sind von den in der Nähe vorkommenden Bleierzen räumlich getrennt.

Unter den zinkproduzierenden Staaten nimmt gegenwärtig Deutschland den ersten Rang ein, dann folgen Belgien und Frankreich, Nordamerika und England. Bedeutende Mengen von Zinkerzen liefern Spanien, Sardinien und Schweden, ihre Verhüttung erfolgt aber zumeist in Belgien. Unter den nordamerikanischen Staaten weist Illinois die größte Produktion auf. In den Jahren 1883 und 1885 war der Stand der Zinkproduktion folgender:

Oberschlesien	71,567 Tonnen	Spanien	4,296 Tonnen
Rheinprovinz und Westfalen	45,220 "	Österreich	4,000 "
Belgien und Frankreich	90,615[1] "	Polen	4,500 "
England	25,000 "	Nordamerika	32,790 "

Aus dem Vergleiche mit den vorhergehenden Jahren ergibt sich, daß die Produktion im allgemeinen zunimmt. Ebenso wächst auch der Verbrauch an Zink, obwohl nicht in demselben Maße wie die Produktion.

Zinn. Das Zinn ist ein bei gewöhnlicher Temperatur silberweißes, sehr geschmeidiges Metall vom spezifischen Gewicht 7,29. Fast so weich wie Blei und leicht schmelzbar, widersteht es doch trefflich den oxydierenden Einflüssen der Luft und der Feuchtigkeit. Nur äußerst selten erscheint es in der Natur gediegen, und auch in Verbindungen mit andern Stoffen tritt es nicht sehr häufig auf. Nur ein Zinnmineral ist als Erz von ökonomischer Bedeutung, nämlich der Zinnstein oder Cassiterit. Der Zinnstein ist seiner chemischen Zusammensetzung nach nichts weiter als Zinnoxyd (S_nO_2) mit 78,6 Zinn und 21,4 Sauerstoff; er bildet schöne, lebhaft glänzende, tetragonale Zwillingskristalle (s. die Tafel „Erzstufen", Fig. 2, bei S. 769) oder derbe, seltener faserige Aggregate von nelkenbrauner bis schwarzer Färbung.

Die geologischen Verhältnisse, unter welchen das Zinnerz auf ursprünglicher Lagerstätte erscheint, sind ebenso merkwürdig wie gleichförmig. Stets sind es kieselsäurereiche, vollkristallinische oder porphyrische Quarzglimmer- und Quarz-Feldspatgesteine eruptiver Natur (Granit, Granitporphyr, Greisen), an welche die primäre Zinnführung gebunden ist. Da, wo zinnerzführende Gesteine zu Tage ausgehen und verwittern, mußte Zinnerzgrus in die losen Anschwemmungsbildungen, den Sand und Schlamm der Thäler und Gehänge, übergehen; es entstanden zinnerzreiche Anschwemmungen, sogenannte Zinnseifen, welche, ähnlich wie die Goldseifen, zuerst die Aufmerksamkeit des Menschen auf dieses Metall gelenkt haben. Ihre Ausbeutung ging stets der Auffindung der primären Lagerstätten voran.

Von alters her berühmt sind die Zinnerzgruben des böhmisch-sächsischen Erzgebirges. Das nach Ostnordosten streichende Erzgebirge wird von zahlreichen porphyrischen Eruptivmassen unregelmäßig durchbrochen. Innerhalb derselben treten an mehreren Stellen, wie in Zinnwald, Altenberg, Kahlenberg, Graupen und Mückenturm, granitische Gesteine auf, in welchen der Zinnerzbergbau umgeht. Bei Zinnwald taucht innerhalb des Porphyrs eine elliptische Granitkuppe von ungefähr 1360 m Länge und 480 m Breite auf, welche eigentlich aus einem Systeme von übereinander lagernden Schalen oder Kappen besteht, deren Form mit der äußern Gestalt der Kuppe übereinstimmt. Da der Porphyr und der Granit durch Übergänge zu einer Einheit miteinander verbunden sind, macht es hier nach Reyer den Eindruck, „als ob hier in einem noch nicht erstarrten Porphyrergusse ein Nachschub von granitischem Teige kuppenartig aufgestiegen sei". Die ganze Granit- und Greisenmasse enthält Zinnerz in feinster Verteilung, jedoch nicht in bauwürdiger Menge (1/4 Prozent), der Abbau

[1] Hierzu liefert Schweden jährlich ca. 35,000 Tonnen Blende.

folgt daher den zinnerzreichern, 10—73 cm mächtigen Absonderungsräumen zwischen den einzelnen flachen Schalen, welche Quarz, Lithionglimmer, Flußspat, Zinnstein, Wolfram, Zinnkies, Bleiglanz und andre Erze und seltene Mineralien führen. Außerdem wird der ganze zinnführende Stock von schmalen, steilen, nach Nordosten streichenden Gängen durchsetzt, die ebenfalls mit verschiedenen Mineralien und Zinnstein erfüllt sind.

Ganz ähnlich sind die Verhältnisse in **Altenberg** im Sächsischen Erzgebirge. Auch hier bildet das Zinnstockwerk eine granitische Masse von etwa 900 m Länge und Breite, die in unbekannte Tiefen niedersetzt und allseitig in Porphyr, Granitporphyr und Granit übergeht. Der technisch wichtige Teil des Stockwerkes ist der sogenannte Zwitter, ein dunkles, wesentlich aus Quarz und chloritähnlichem Glimmer bestehendes, greisenartiges Gestein, das mit Zinnerz in feiner, mit freiem Auge nicht erkennbarer Form imprägniert ist ($^1/_2$—$^1/_3$ Prozent). Der Zwitter mußte bei dieser Art der Erzverteilung als Ganzes herausgehoben werden, und als der oberste Teil desselben zum großen Teile abgebaut war, fand ein großartiger Einsturz statt, es entstand eine riesige „Pinge“, welche die Stelle des ehemals so blühenden Bergbaues in schauerlicher Weise kennzeichnet.

Impägnation mit Zinnerz in East Huel Lovell, Kirchspiel Wendron, Cornwall. (Nach Le Neve Foster.) a b Schmaler Gang von Quarz und eisenschüssigem Thon, zu beiden Seiten desselben ist das Gestein mit Zinnerz imprägniert. — c Granit.

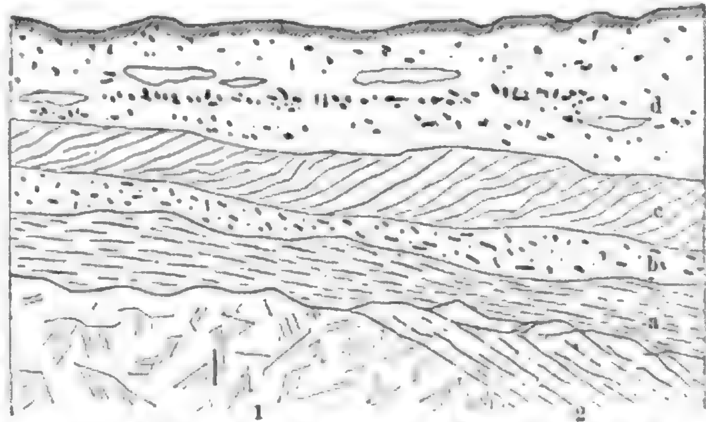
Der Westen des Erzgebirges beherbergt Zinnerze in den Örtlichkeiten Hengstererben, Platten, Ehrenfriedersdorf, Marienberg und Geier, Eibenstock. In der Fortsetzung dieses Gebietes liegt der Bergbau von Schlackenwald im nordwestlichen Böhmen.

Das zweite Hauptzinngebiet Europas bildet die **Halbinsel Cornwall** im äußersten Südwesten Englands. An der Zusammensetzung des Bodens von Cornwall beteiligen sich hauptsächlich devonische Schiefer, aus denen mehrere Granitmassen inselförmig auftauchen. Die Granite wie die Schiefer (Killas) werden von zahlreichen Porphyrgängen (Elvans) durchzogen, die wahrscheinlich zum Teile Apophysen des in der Tiefe weiter ausgebreiteten Granits sind, zum Teile aber auch jünger als der Granit zu sein scheinen. In der Nähe der Granitinseln brechen zahlreiche, ungefähr ostwestlich streichende Gänge ein, die sich nie weiter als 2—3 englische Meilen vom Granit entfernen und daher mit dem letztern in genetischen Zusammenhang gebracht werden müssen. Wo sich die Erzgänge mit Porphyradern kreuzen, sind die erstern erzreicher, die letztern wirken also veredelnd ein. Die Füllung der Erzgänge besteht hauptsächlich aus Quarz mit Zinnstein und Kupfererzen, zahlreichen andern Nebenerzen und Gangmineralien. Nach der vorwiegenden Füllung unterscheidet man Kupfer- und Zinngänge, doch ist der Unterschied kein scharfer. Außerdem sind sowohl die Granite als die Porphyre stellenweise mit feinern Zinnerzgängen durchwachsen, so daß selbst wirkliche Zinnstockwerke entstehen können, und endlich kommt es auch vor, daß das geschichtete Gebirge von zinnhaltigen Adern, den sogenannten tin floors, durchwebt erscheint. Eine merkwürdige Art des Vorkommens veranschaulicht die obenstehende Abbildung. Gewöhnlicher Granit erscheint von einer dünnen, mit Quarz und eisenhaltigem Thone erfüllten Spalte durchzogen. Zu beiden Seiten der Spalte ist der Granit mit Zinnerz reich imprägniert, welches auch hier von Flußspat und verschiedenen Kiesen begleitet ist.

Während in Europa das Zinn nur noch in tiefen Bergbauen gewonnen werden kann, bergen gewisse Landstriche in **Ostasien** und **Australien** noch zinnführendes Schwemmland in weiter Ausdehnung. Die Entdeckung dieser überaus reichen Zinnseifen erfolgte im Jahre 1710 auf der Insel Banka, später wurden die Zinnseifen in Malakka und im Jahre 1852

auf Bilitong aufgedeckt. Erst in den siebziger Jahren hat man erkannt, daß sich der Zinnreichtum Hinterindiens auch nach Australien fortsetzt, wo Zinnerze im Küstengebirge der Provinzen Victoria, Neusüdwales und Queensland zum Vorscheine kommen. Die Fortsetzung der australischen Zinnregion hat man in neuester Zeit auf Tasmania entdeckt. Auch im australischen Zinngebiete ist die Zinnführung an Granit, Porphyr, am Mount Bischoff in Tasmania an porphyrartigen Topasfels geknüpft. Ebenso bestehen Banka, Bilitong und Malakka größtenteils aus Granit und enthalten das Zinnerz unter ähnlichen Verhältnissen wie anderwärts. Die Zinnvorräte, welche die Alluvionen dieser Gebiete enthalten (s. untenstehende Abbildung), sind gegenwärtig noch so reich, daß man sich zumeist auf die Ausbeutung der Seifen beschränkt und noch nicht gezwungen ist, die ursprünglichen Lagerstätten aufzusuchen.

Außer den genannten drei Hauptzinngebieten: dem Erzgebirge, Cornwall und Hinterindien-Australien-Tasmania, sind wohl auch andre Gegenden durch Zinnführung ausgezeichnet, wie Bolivia, die spanische Provinz Galicien, die Bretagne, Campiglia Marittima in Italien, Finnland, China und Japan, Durango und Chihuahua in Mexiko, die Staaten Maine, Missouri und Kalifornien in Nordamerika und mehrere andre. In neuester Zeit wurde bei Ashland in Alabama ein neuer Bergbau, die Broad Arrow Mine, in zinnführendem Granit und Gneiß eröffnet, ferner in Dakota die Etta Mine. Von den genannten Vorkommnissen sind jedoch die meisten bekanntermaßen so unbedeutend, daß sie wohl nur theoretisches Interesse wachrufen, nur wenige dürften praktische Bedeutung gewinnen.

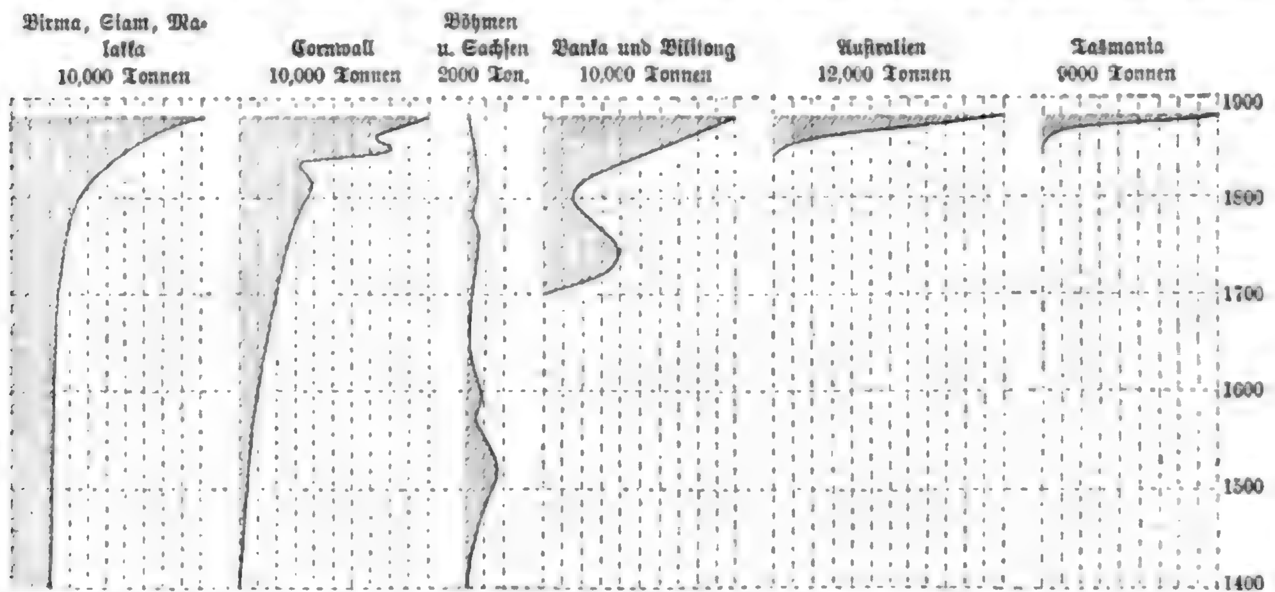


Zinnseifen von Banka. 1. Granit. — 2. Metamorphischer Schiefer. — a Zinnerzführende Lage. — b Grober Sand. — c Roter, weißer und dunkler Thon. — d Grober Sand mit Taschen von Lehm und feinem Sand, wenig Zinnerz.

Das Zinn bietet demnach eine solche Konzentration der Gewinnungsorte dar, wie nur wenige andre Metalle, ausgenommen das Quecksilber. In den gegenwärtigen Hauptzinngebieten hat die Zinnindustrie ein sehr hohes Alter. Am frühsten dürften wohl die hinterindischen Wäschen ausgebeutet worden sein. Von da mußten die asiatischen Kulturstaaten schon in vorhistorischer Zeit das für die Bronzebereitung notwendige Zinn beziehen, und während des Altertumes, des Mittelalters und tief in die Neuzeit hinein hat der große Bedarf dieser Staaten hier seine hauptsächlichste Deckung gefunden. Auch China, wo die Bronze-Industrie nach v. Richthofen namentlich um 1800—1500 und um 1100 bis 900 v. Chr. geblüht hat, dürfte seinen Bedarf zum Teile aus dieser Quelle bezogen haben, zum Teile beutete es eigne Lagerstätten aus. In den Mittelmeerländern vermittelten die Phöniker den Zinnhandel und brachten Zinn aus Spanien und Britannien. Das letztere Land blieb lange Zeit Europas wichtigster Zinnproduzent; bis zum 14. Jahrhundert wurden vorwiegend die Zinnwäschen in Devon ausgebeutet, dann ging man allmählich zum Gangbergbaue in Cornwall über. Im 12. und 13. Jahrhundert tauchte das sächsisch-böhmische Zinn auf, im 14. Jahrhundert erlangte Graupen hohe Bedeutung, in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts kamen Altenberg und Schlackenwald hinzu, und als in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts die Zinnproduktion einen lebhaften Aufschwung nahm, regte sich auch in vielen andern Orten des sächsisch-böhmischen Erzgebirges bergbauliche Thätigkeit. Bald aber geht die Produktion in diesem Gebiete wieder zurück, während Cornwall eine stets steigende Produktion aufzuweisen hat und sich noch immer als ergiebig behauptet.

Hinterindien (Straits) lieferte seit langem auch für den europäischen Markt bedeutende Zinnmengen, in den siebziger Jahren unsers Jahrhunderts traten Australien und Tasmania hinzu, und diese Länder behaupten nunmehr den ersten Rang unter den Zinngebieten der Gegenwart. Die untenstehende, von Reyer entworfene Tabelle gibt ein anschauliches Bild über die Zinnproduktion der Vergangenheit bis 1880, zur Ergänzung derselben seien noch folgende Produktionsziffern hinzugefügt. England erzeugte im Jahre 1883: 9307 Tonnen Zinn, wovon 9262 Tonnen auf Cornwall, 44 Tonnen auf Devonshire entfallen. Neusüdwales produzierte in demselben Jahre 15,268, Victoria 94, Queensland 27,312 Tonnen. Straits (Singapur, Penang, Malakka) gaben im Jahre 1880: 5444 Tonnen, Banka im Jahre 1881: 4339, Bilitong 4735 Tonnen.

Nickel und Kobalt. Nickel zeigt in metallischer Form fast alle Eigenschaften des Eisens, verbindet aber damit die Farbe, den Glanz und die Nichtoxydierbarkeit des Silbers. Es ist auf der Erde zwar nicht gediegen, wohl aber als Bestandteil verschiedener Erze ziemlich weit verbreitet, kommt jedoch nur selten in größerer Menge vor. Als wichtigstes Nickel-



Graphische Darstellung der Zinnproduktion von 1400 bis in die Gegenwart. (Nach Ed. Reyer.)

erz ist außer dem später zu erwähnenden Garnierit das Kupfernickel oder Nickelin, ein meist derbes, aus 43,6 Nickel und 56,4 Arsen bestehendes Mineral, hervorzuheben, das seinen Namen „Kupfernickel" nicht einem Zusatze von Kupfer, sondern seiner licht kupferroten Färbung verdankt. Daneben sind noch der Arsenikkelglanz oder Gersdorffit mit 35,1 Nickel, 45,5 Arsen und 19,4 Schwefel, der Antimonnickelglanz oder Ullmannit mit 27,4 Nickel, 57,5 Antimon und 15,1 Schwefel, der Nickelkies mit 64,5 Nickel und 35,5 Schwefel sowie der Chloanthit, eine Verbindung von Kobalt, Nickel, Eisen und Arsen, zu nennen.

Die Nickelerze haben auf ihren Lagerstätten fast stets Kobalterze im Gefolge, wie den Speiskobalt oder Smaltin und den Glanzkobalt oder Kobaltin. Der erstere bildet eine Verbindung von Kobalt und Arsen mit kleinen Mengen von Eisen, Nickel und Schwefel, der letztere besteht aus Kobalt, Arsen und Schwefel.

Die Kobalt- und Nickelerze brechen bald auf Gängen ein, wie in Nanzenbach bei Dillenburg, in Dobschau in Oberungarn, in Bellenhausen in Hessen und im Erzgebirge, bald erscheinen sie in den sogenannten Fahlbändern der kristallinischen Schiefer. Was der Bergmann unter Fahlbändern versteht, wurde schon bei Besprechung der Silbergruben von Kongsberg auseinandergesetzt. Auch die Nickel- und Kobalterz-Fahlbänder sind in typischer Form auf Skandinavien beschränkt, wo sie namentlich in den Lokalitäten Skutterud,

Snarum, Espedalen ausgebeutet werden. Nur in Schladming in Steiermark kennt man eine Nickelerzlagerstätte, die mit den skandinavischen Fahlbändern Ähnlichkeit besitzt.

Häufig gründet sich die Nickelgewinnung auf den Nickelgehalt der Magnet- und Schwefelkiese. Dies ist der Fall bei manchen Nickelgruben in Schweden und Norwegen und bei der Mine Lancaster Gap in Pennsylvanien.

Lange Zeit gewann man das Nickel nur aus den oben erwähnten geschwefelten und arsenhaltigen Erzen, bis vor wenigen Jahren in der französischen Strafkolonie Neukaledonien ein neues Nickelmineral, der Garnierit, aufgefunden wurde, welches sich als ein wasserhaltiges Silikat von Nickel und Magnesia erwies. Wie in manchen andern Lagerstätten, ist das Nickelerz auch hier an Serpentin- und Olivingesteine gebunden und wird von Kobalt-, Chrom- und Eisenverbindungen begleitet. Da die reiche neukaledonische Lagerstätte lebhaft ausgebeutet wurde und die Erze vermöge ihrer chemischen Zusammensetzung eine sehr leichte, billige Verhüttung gestatten, so konnte es nicht fehlen, daß diese Entdeckung ein bedeutendes Sinken der Nickelpreise zur Folge hatte.

Obwohl Cronstedt schon im Jahre 1751 das Nickelmetall darzustellen gelehrt hatte, ließ die Industrie in Europa dieses Metall doch lange Zeit unbeachtet. In China dagegen wurde Nickel schon seit Jahrtausenden zur Waffenfabrikation verwendet. Gegenwärtig hat es eine hohe Bedeutung erlangt, man benutzt es als Münzmetall, zu silberähnlichen Legierungen, zur Herstellung von Luxusgegenständen, zur galvanischen Vernickelung von Zink, Eisen, Stahl und Messing. Die wichtigsten Nickelproduzenten sind Nordamerika, England, Neukaledonien, Deutschland, Österreich-Ungarn und Skandinavien.

Kobalt, der stete Begleiter des Nickels, teilte auch insofern dessen Schicksal, als sein Wert lange verkannt wurde. Da sie zugleich mit andern Erzen gefördert wurden, betrachtete man die Kobalt- und Nickelerze als gänzlich unverwertbar, bis in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts im Erzgebirge zufällig entdeckt wurde, daß Glasflüsse durch einen Zuschlag von Kobalterzen blau gefärbt werden. Im Anfange des 17. Jahrhunderts verwendete man die Kobalterze zur Herstellung blauer Deck- und Malerfarben (Smalte), welche man durch Schlämmen und Reinigen tiefblauer Glasflüsse erzeugte. Seit 1845 wurde jedoch die Smalte durch die lebhaftern Anilinfarben stark zurückgedrängt. Vom reinen Metallkobalte macht man trotz seiner schätzenswerten Eigenschaften wenig Gebrauch, da die Darstellung zu kostspielig ist.

Eisen. Keins unter den schweren Metallen findet sich in der Natur in so ausgedehnter Verbreitung und so großer Menge vor wie das für den kulturellen Fortschritt der Menschheit so bedeutsame Eisen. Im Meer-, Fluß- und Quellwasser, in allen Gesteinen, welche Entstehung sie auch immer haben mögen, lassen sich stets gewisse Quantitäten von Eisen nachweisen. Entsprechend diesem allgemeinen Vorkommen des genannten Metalles gehören auch Eisenerzlager zu den häufigen Erscheinungen und zeigen, über alle Länder der Erde verbreitet, eine große Mannigfaltigkeit in Bezug auf ihre Zusammensetzung, Ausdehnung, Mächtigkeit und Entstehung.

Das natürliche Vorkommen von gediegenem Eisen in der Erdrinde wurde oft behauptet und ebenso oft, doch mit Unrecht, bezweifelt. Gediegenes Eisen, in Verbindung mit Nickel einen Hauptbestandteil des Meteoreisens bildend, wurde in der That an verschiedenen Orten nachgewiesen, am reichlichsten wohl in Grönland, wo der Basalt auf der Insel Disco Einsprenglinge von Eisen enthält, deren Gewicht sogar bis 500 Zentner betragen kann. Für die Eskimo hatte dieses Eisen sogar praktische Bedeutung, da sie daraus Waffen und Gerätschaften schmiedeten. Für die Eisenmetallurgie der Gegenwart spielen die verschwindenden Mengen natürlichen Eisens selbstverständlich keine Rolle, es kommen hierfür nur die Eisenerze in Betracht.

Von den vielen Verbindungen des Eisens können nur vier als Eisenerze von ökonomischer Bedeutung angesehen werden, der Magnetit, der Hämatit, der Limonit und der Siderit. Der Magnetit oder das Magneteisenerz ist ein schwarzes, meist in Oktaedern kristallisierendes, körniges oder dichtes Erz, welches aus 72,4 Eisen und 27,6 Sauerstoff (Fe_3O_4) besteht und zuweilen durch polaren Magnetismus ausgezeichnet ist. Auch der Hämatit oder das Roteisenerz ist eine Verbindung von Eisen und Sauerstoff, im Verhältnisse von 70 Eisen zu 30 Sauerstoff, entsprechend der Formel Fe_2O_3. Der Hämatit zeigt unter allen Eisenerzen die prächtigste Kristallbildung, die rhomboedrischen Kristalle desselben sind häufig sehr flächenreich, besitzen lebhaften Metallglanz und oft rötliche und bläuliche Anlauffarben. Rosettenförmig angeordnete Gruppen tafelförmiger Kristalle bezeichnet man als Eisenrosen (s. die Tafel „Erzstufen“, Fig. 3, bei S. 769). Unter den derben Varietäten des Hämatits unterscheidet man den blätterigen Eisenglanz und Eisenglimmer, das faserige, das dichte, das oolitische und das ockerige Roteisenerz.

Im Limonit oder Brauneisenstein ist ebenfalls eine Verbindung von Eisen mit Sauerstoff erkannt worden, nur tritt hier zu 85,6 Eisenoxyd noch 14,4 Wasser hinzu ($2Fe_2O_3+3H_2O$). Der Limonit bildet keine deutlichen Kristalle, zeigt aber stets kristallinische und zwar faserige, dichte oder erdige Textur. Häufig verbindet sich die faserige mit der konzentrisch-schaligen Textur, die frei liegende Oberfläche solcher Varietäten ist glatt und kugelig ausgebildet und hat die Bezeichnung brauner Glas- (Glatz-) Kopf veranlaßt. Die dichten Brauneisensteine umfassen viele Abänderungen, unter denen namentlich die oolitischen, die erdigen und ockerigen hervorzuheben sind.

Der Siderit, Eisenspat oder Spateisenstein endlich ist die Kohlensäureverbindung des Eisens ($FeCO_3$) mit 62,1 Eisenoxyd und 39,7 Kohlensäureanhydrid. Er stellt sich als ein unscheinbares Mineral von gelblicher oder grauer Farbe, mit grobkörniger oder dichter Textur dar, welches in formenarmen Rhomboedern kristallisiert. Mit thonigmergeligen Substanzen verunreinigt, bildet er den Thoneisenstein. Durch Verwitterung unter dem Einflusse der Atmosphärilien wandelt er sich in Limonit um.

Die so häufige und verbreitete Schwefelverbindung des Eisens, das Doppeltschwefeleisen, der Schwefelkies oder Pyrit, kann trotz seines hohen Eisengehaltes nicht unter die Eisenerze zählen, er würde ein schwefelhaltiges Eisen ergeben, und dieses ist seiner Brüchigkeit wegen nicht verwendbar.

Bei der großen Zahl und Mannigfaltigkeit der Eisenerzlagerstätten ist es unmöglich, auch nur die wichtigsten ausführlicher darzustellen und dabei in ähnlicher Weise wie bei den andern Metallen die verschiedenen Hauptproduktionsgebiete zu besprechen. Es können hier nur einzelne Typen von Lagerstätten, die entweder besonders lehrreich sind oder durch ihre Geschichte oder ihre nationalökonomische Bedeutung hervorragen, aus der großen Menge herausgegriffen und näher beschrieben werden.

Die einfachste Form von Eisenerzlagerstätten bieten die derben, aus Spat-, Rot- oder Brauneisenstein bestehenden Erzflöze dar, die in allen versteinerungsführenden Formationen vorkommen können. Sind sie einem gefalteten Gebirge eingeschaltet, so machen sie dieselben Faltungen, Mulden- und Sättelbildungen mit wie die übrigen Schichten. Sowohl Braun- und Roteisensteine als Eisenspate können flözbildend auftreten, die letztern namentlich in der Form der Thoneisensteine. Die Thoneisensteinflöze lösen sich zuweilen in einzelne linsen- oder kuchenförmige Nieren auf, die man als Sphärosiderite zu bezeichnen pflegt. Der Thoneisenstein ist nicht selten versteinerungsführend, und zwar kann er, je nach seinem Bildungsmedium, sowohl marine als Süßwasserversteinerungen enthalten. Die Sphärosiderite umschließen zuweilen in ihrer Mitte eine Versteinerung, die es augenscheinlich gewesen ist, um welche als Mittelpunkt die Erzausscheidung stattgefunden hat.

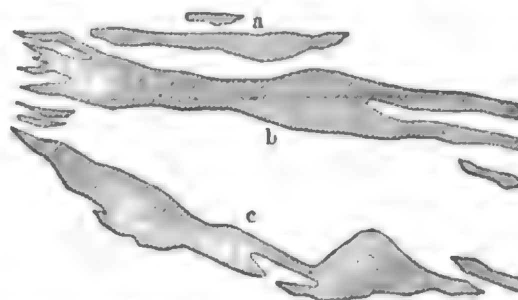
Nimmt der Thoneisenstein reichlich kohlige Bestandteile auf, wie dies häufig bei den die Kohlenflöze begleitenden Thoneisensteinen der Fall ist, so spricht man von Kohleneisenstein (**blackband**; vgl. den Abschnitt über die Kohlen).

Die Thoneisensteinflöze erscheinen in ihren der Oberfläche genäherten Partien, „am Ausgehenden“, durch die Einwirkung von Atmosphärilien häufig in Brauneisenstein umgewandelt. Brauneisensteinflöze können demnach aus Spateisensteinflözen hervorgegangen sein. Daneben gibt es aber auch Brauneisensteinflöze, die selbständig als solche abgelagert wurden, ebenso Roteisensteinflöze. Thon=, Rot= und Brauneisensteinflöze kennt man in

Eisensteinflöze im böhmischen Silur. (Nach M. Lipold.) a Untersilurischer Sandstein. — b Eisensteinflöze.

allen Formationen und in allen Ländern in so reicher Menge, daß es unmöglich ist, auch nur einige Beispiele hier anzuführen. Der obenstehend abgebildete Durchschnitt möge ein Bild von dem einfachen Baue dieser Lagerstätten geben.

Schon etwas komplizierter sind die Verhältnisse, welche jene Vorkommnisse darbieten, die wir unter dem Begriffe der Lager zusammenfassen. Eisenerzlager können sowohl von Siderit als von Magnetit, Limonit und Hämatit gebildet werden. Spateisensteinlager sind in der Regel von Kalksteinen begleitet und führen als untergeordnete, aber recht bezeichnende Bestandteile geschwefelte Erze, wie Schwefelkies, Kupferkies, Bleiglanz und Kobalt= und Nickelerze. In vollkommenster Ausbildung treten Lagerstätten von diesem Typus namentlich im kristallinischen Gebirge und im Silur auf. So enthält der Gneiß und Glimmerschiefer in der Umgebung von Friesach, Wolfsberg und Hüttenberg in Kärnten einen Zug bedeutender Spateisensteinlager. Am Knappenberge bei Hüttenberg, der wichtigsten Lokalität dieses Zuges, sind sechs parallel fallende und streichende Lager vorhanden, die im Streichen an 2500 m lang aufgeschlossen sind und die Form langgestreckter, unregelmäßig ausgelappter Linsen von riesiger Ausdehnung besitzen. Durch Gabelung, Verschmälerung und allmählichen Übergang der Erzmasse in körnigen Kalk gelangen die einzelnen Lager zur Auskeilung (s. beistehende Abbildung).



Spateisensteinlager des Hüttenberger Erzberges. (Nach F. Seeland.) a Grattlager. — b Wilhelmstollner Wolf oder Glücklager. — c Großattlicher Lager.

In den Nordostalpen enthält die Silurformation ausgedehnte Spateisensteinlager, die einen etwa 40 Meilen langen, freilich vielfach unterbrochenen Lagerzug zwischen Reichenau, Eisenerz und Schwatz zusammensetzen. Der berühmteste und bekannteste Punkt desselben ist der Erzberg von Eisenerz, wo schon seit 2000 Jahren ein schwunghafter Bergbau umgeht. Das frei zu Tage austretende Hauptlager hat eine Mächtigkeit von durchschnittlich 60 m, schwillt aber örtlich bis zu 125 m an und wird in mehreren übereinander gelegenen Etagen abgebaut (s. Abbildung, S. 804). Außerdem sind noch zwei kleinere Lager vorhanden. Die Siderite, die oberflächlich in Limonit umgewandelt erscheinen, ruhen hier, begleitet von schieferigen, breccienartigen oder konglomeratischen Gesteinen, direkt auf silurischem Kalke.

Die Brauneisensteinlager der paläozoischen Formationen scheinen zum größten Teile durch Umwandelung und Verwitterung von Siderit- oder Kieslagern hervorgegangen zu

Etagenbau am Erzberge in Eisenerz, Steiermark. Das den Vordergrund bildende Berggehänge besteht aus Eisenspat, welcher in mehreren Etagen von Tag aus abgebaut wird.

sein. Das letztere ist der Fall bei dem großartigen Limonitlager von Victoria-Furnace in Virginia, die nichts weiter sind als der „eiserne Hut" von Kieslagern, welche im huronischen Schiefer eingeschaltet sind.

Die Lagerform muß wohl auch den berühmten Eisensteinmassen zugeschrieben werden, die seit Jahrtausenden auf der Insel Elba in Ausbeutung stehen. Aufliegend auf quarzitischen Schiefern oder Talkschiefern und bedeckt von körnigem Kalksteine gehen hier am Ostgestade der Insel vier stockförmige Erzlager: Rio Vigneria, Rio Albano, Terranera, Calamita, zu Tage aus, die aus Eisenglanz, dichtem Roteisensteine und, untergeordnet, Braun- und Magneteisenstein bestehen. Die Berührungsfläche gegen das Liegende ist sehr unregelmäßig gestaltet, indem die Erzmasse in zahllosen Trümmern in die Schiefer hineingreift. Aus diesem Grunde wurde die Lagerform des Elbaner Vorkommens so lange verkannt.

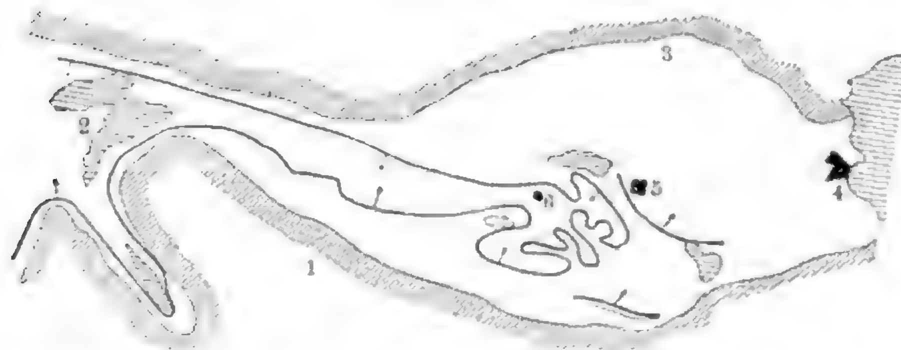
Nach Aristoteles soll man in Elba anfangs Kupfer gewonnen und sich erst nach der Erschöpfung der Kupferlager dem Eisensteine zugewendet haben. Elba genoß schon im Altertume einen hohen Ruf, die Dichter (Virgil) priesen seine Unerschöpflichkeit. Elbas Erzreichtum ist in der That ein höchst bedeutender, da die Erzlager dieser Insel, nach einer niedrig gegriffenen Schätzung von G. v. Rath, einen Vorrat von mindestens 63,3 Millionen Tonnen repräsentieren.

Im Vergleiche zu den Eisenlagern Schwedens erscheinen freilich Elbas Reichtümer nur gering. Schwedens Eisenschätze können wirklich für unerschöpflich gelten, behauptet man doch, daß der einzige Berg Gellivara in Norbotten genügen würde, um den gesamten Eisenbedarf der Erde auf viele Jahrhunderte, ja Jahrtausende hinaus zu decken. Mit Ausnahme der Lokalität Taberg folgen die schwedischen Eisenlagerstätten dem Typus der Lager. Wie verschiedenartig sie sich auch im einzelnen verhalten mögen, so ist doch das allen gemeinsam, daß sich die Erzlager der Schieferung des Gneißes oder der kristallinischen Schiefer, denen sie eingelagert sind, gleichmäßig anschmiegen und niemals gangartig in die benachbarten Schiefer eingreifen. Häufig wird ein allmählicher Übergang der Erzmasse in das Nebengestein beobachtet, indem das letztere sich mit Erz anreichert oder umgekehrt die Erze die Silikatbestandteile des Nebengesteines aufnehmen. Die Erze bestehen hauptsächlich aus Magnetit, seltener Hämatit, und sind häufig mit Silikaten, wie Granat, Hornblende, Augit, Epidot 2c., verwachsen und von einzelnen metallischen Verbindungen, wie Eisen- und Kupferkies, Zinkblende 2c., begleitet. Zuweilen verbindet sich mit den Eisenerzlagern körniger Kalk.

Die reichsten und wichtigsten Eisenerzlager Schwedens umfaßt jener Landstrich, welcher, mit der Insel Singö beginnend, über Gefleborgs-Län, Upsala-Län, Westmanlands-Län, Kopparbergs-Län, Örebro-Län, Vermland von Ostnordosten gegen Westsüdwesten streicht und das mittlere Schweden in einem Streifen durchzieht, welcher als Jernbäraland, Eisen gebärendes Land, berühmt ist. Eine der bekanntesten Gruben dieses Landstriches ist Dannemora im Upsala-Län. Etwas außerhalb dieser Zone liegen die Eisenlager der Insel Utö bei Stockholm, und noch weiter entrückt sind die unter ungefähr 67° nördlicher Breite gelegenen Eisenberge Norbottens, die bei alle dem enormen Eisenreichtume, den sie beherbergen, ihrer großen Entfernung wegen nur in geringem Maße an der schwedischen Produktion beteiligt sind; so der schon genannte Eisenkoloß Gellivara, welcher ein Erzlager von 6000 m Länge und 31—62 m Mächtigkeit bildet, Luosavara, Svappavara, Kirunavara. Norwegen dagegen ist arm an Eisenerzen, selbst das früher berühmte Lager von Arendal hat jetzt nur noch geringe Bedeutung.

Wie die reichen und vorzüglichen Erze Schwedens, so sind auch die hauptsächlichsten Eisenerzvorkommnisse Nordamerikas als Lager aufzufassen. Sie finden sich namentlich in den kristallinischen Schiefern der laurentinischen und huronischen Formation und bestehen vorwiegend aus Magnetit und Hämatit, Siderit hingegen scheint in Nordamerika so gut wie ganz zu fehlen. Dem Gange der Kultur in Nordamerika entsprechend entwickelte sich die Eisengewinnung zunächst im östlichsten Landstriche, diesseit der Appalachen, erst später drang man weiter nach Westen vor, wo sich reiche, gänzlich unberührte Lagerstätten

erschlossen, die den amerikanischen Unternehmungsgeist zu großartiger industrieller Entfaltung anspornten. Die alten Gewinnungsstätten im Osten wurden teilweise verlassen, und nur die reichsten und lohnendsten Lagerstätten jenseit der Appalachen wurden berücksichtigt. Gegenwärtig wird am lebhaftesten ein Vorkommen abgebaut, welches weit im Westen, in den Staaten Michigan und Wisconsin am Südufer des Obern Sees, gelegen ist. Die huronische Formation besteht hier aus kristallinischen Schiefern, wie Chlorit- und Talkschiefern, aus Quarziten und Kalksteinen und liegt zu Mulden und Sätteln gefaltet diskordant über der steil aufgerichteten laurentinischen Gneißformation. Die Eisenerzzone bildet im wesentlichen eine viele Meilen lange, große Mulde, deren Nordflügel ziemlich einfach verläuft, während der Südflügel mehrere untergeordnete Faltungen erkennen läßt, wie dies aus der nebenstehenden Skizze ersichtlich ist. Die Mächtigkeit der zumeist aus Roteisenstein oder infolge lokaler Umwandelung aus Brauneisenstein bestehenden Lager beträgt durchschnittlich 5—7 m, kann aber auch bis zu 30 m steigen. In der Fortsetzung dieser großen Mulde liegen die Roteisenlager des Iron Ridge, von Smiths und Michigammi Eisenberg, und südlich davon treten Eisenerze in den huronischen Schichten der Menomoneeregion südlich vom Obern See auf.



Eisenerzdistrikt von Negaunee. (Nach Wedding) ↑ Ausgehendes des Erzflözes. — 1. Laurentinisch. — 2. Michigammi-See. — 3. Huronisch. — 4. Marquette — 5. Negaunee. — 6. Jschpeming.

Nächst dem Eisenerzdistrikte des Obern Sees sind die großen, ebenfalls sehr reichen Lager im laurentinischen Gneiß von hoher Bedeutung, die in den Staaten New York, New Jersey und Pennsylvanien auftreten und daselbst auf drei verschiedene Gebiete verteilt sind, nämlich auf das Gebiet der Lake Champlain, das Gebiet der Highlands von New York und New Jersey und das Gebiet von Cornwall in Lebanon Co, Pennsylvanien. Die zahlreichen Lager, die diese Distrikte auszeichnen, können bis zu 60 m mächtig werden und zeigen häufig ein so anhaltendes, meilenweit verfolgbares Streichen, daß man sie wohl auch als Flöze ansprechen könnte.

Schon im vorhergehenden wurde des Eisenberges Taberg bei Jönköping in Schweden gedacht, welcher als Typus einer geologisch sehr interessanten und eigentümlichen Gruppe von Eisenerzlagerstätten betrachtet werden kann. Alle Eruptivgesteine enthalten, wie bekannt, Magnetit und Titaneisen als wesentliche oder untergeordnete Bestandteile in mikroskopischen Partien eingeschlossen. Bei manchen Eruptivgesteinen, namentlich dem Basalt, Augitporphyr, Diabas, Diorit und Olivinfels, kann die Menge des eingeschlossenen Magnetits so sehr zunehmen, daß das ganze Gestein magnetische Eigenschaften erhält und als Eisenerz verwendet werden kann. Der Taberg z. B. besteht aus einem Gesteine, welches Olivin, Magnetit, Titanit und etwas Plagioklas enthält und durchschnittlich 30 Prozent Eisengehalt aufweist. Er bildet einen schroffen Felsrücken, der sich 2700 m weit ausdehnt und sich etwa 125 m hoch über den ihn umgebenden Gneiß erhebt.

Die großartigsten Erzberge dieser Art zeichnen den Ural aus, die Gora Blagobat, Katschkanar und die Wissokaja Gora. Die letztere liegt unfern vom See des berühmten Bergortes Nishnij Tagilsk im Demidowschen Grubenbezirke, den die Natur in so verschwenderischer Weise mit Metallen, namentlich Gold und Platin, Eisen und Kupfer, ausgestattet

hat. Der Erzberg besteht zum größten Teile aus reinem Magnetit, welcher eingehüllt in bunten Thon zwischen Diabas und Kalkstein gelagert ist, und hat eine Höhe von 82 m über dem Spiegel des Sees bei einer Breite von 500, einer Länge von 600 m. Die Gora Blagobat (der „gesegnete Berg"), nördlich von Katharinenburg, enthält das Eisenerz in kolossalen Trümmern und stockförmigen Massen in Augit- und Diabasporphyr eingeschlossen, und am Berge Katschkanar bildet ebenfalls Augitfels den Träger des Magnetits (s. untenstehende Abbildung).

Auch Nordamerika besitzt ähnliche Eisenberge, deren bekanntester der Iron Mountain südlich von St. Louis (Missouri) ist. Hier tritt ein porphyrischer Melaphyr auf, der nach allen Richtungen von Eisenglanztrümmern durchschwärmt wird; außerdem setzt mitten durch den Berg eine kompakte, 10—20 m mächtige, reine Erzmasse hindurch.

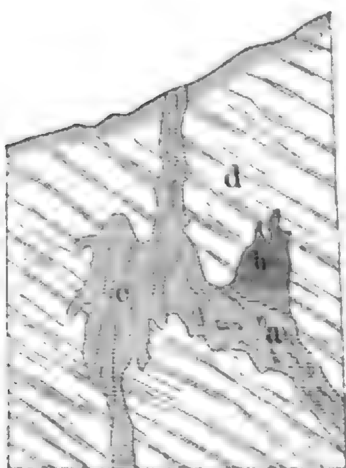
Die Gangform, so sehr bevorzugt von den schweren Metallen, kommt bei Eisenerzlagerstätten seltener vor. Als Beispiel für Eisenerzgänge in vulkanischem Gesteine seien die mit kieseligem und Brauneisenstein erfüllten, $^1/_2$—1 m mächtigen Gänge genannt, die bei Zorge am Harze den Diabas durchsetzen. Ebenfalls im Diabas liegen die Eisenerzgänge des Vogtlandes, während im Sächsischen Erzgebirge solche Gänge an der Grenze von Felsitporphyr oder Granit und den kristallinischen Schiefern auftreten. Als Eisenerzgänge im geschichteten Gesteine können die Roteisensteingänge bei Andreasberg im Harze erwähnt werden, welche in silurischen Grauwacken und Thonschiefern aufsetzen, ferner der Gang von Bergzabern, der in einer Mächtigkeit von 1 bis 22 m im Buntsandsteine (untere Triasformation) erscheint, und endlich die Gänge von Horhausen und die des Stahlberges bei Müsen.

Erzfelsen am Katschkanar. (Nach Zerrenner) a Augitfels. — b Magneteisen. — c Serpentin.

Einen fernern merkwürdigen Typus bilden solche Eisenerzlagerstätten, die durch Pseudomorphose nach Kalkstein oder Dolomit oder durch Ausfüllung vorher gebildeter Höhlungen entstanden sind. Lagerstätten der letztern Art nehmen meist die Gestalt unregelmäßiger Stöcke an, deren äußere Begrenzung von der Form der vorher angelegten Höhlung abhängig ist. Sie tragen stets das Gepräge der Unregelmäßigkeit, an einem Orte außerordentlich mächtig, können sie in geringer Entfernung zu unbedeutenden Vorkommnissen einschrumpfen. Eine ähnliche unregelmäßige äußere Form weisen die durch Pseudomorphose entstandenen Lagerstätten auf. Häufig ging die Umwandlung des Gesteines von Spalten und Klüften aus, durch welche das verdrängende Eisenerz dem Kalkgebirge von außen zugeführt wurde. Eine scharfe Grenze zwischen Füllungen vorher bestandener Hohlräume und metamorphischen Bildungen läßt sich indessen nur selten ziehen, meist mögen die Prozesse der Höhlenfüllung und Pseudomorphose gleichzeitig stattgefunden haben, ähnlich wie bei den Blei- und Zinkerzlagerstätten desselben Typus. Zu den Lagerstätten dieser Art können die Brauneisenerze im Silur des Great Valley am östlichen Abfalle des Alleghanygebirges in Nordamerika, die manganhaltigen Brauneisenerze von Keldenich und Sötenich im devonischen Eifelkalksteine, die zahlreichen und großen Brauneisenerzlagerstätten im Zechsteindolomite im Thüringer Walde und bei Osnabrück und im Dolomite des untern Muschelkalkes von Oberschlesien als Beispiele aufgeführt werden. Auch die großartigen Braun- und Roteisenerzlager in der Umgebung von Bilbao in der Provinz Viscaya (Spanien), die in neuester Zeit in großem Maße ausgebeutet werden, dürften in diese Gruppe einzureihen sein. Sie sind gebunden an den festen Kalkstein der Cenomanstufe der obern Kreide.

Die Erze sind bald so mächtig entwickelt, daß sie den Kalkstein vollständig verdrängen, bald zeigen sie geringere Mächtigkeiten oder verschwinden völlig.

Eine eigentümliche Untergruppe der Höhlenfüllungen bilden die sogenannten Bohnerzablagerungen. Die Jurakalke im Französischen und Schweizer Jura, in den Vogesen, im südlichen Schwarzwald, im Schwäbischen und Fränkischen Jura, die mesozoischen Kalke der Wochein in Oberkrain erscheinen von schlot-, schlauch- oder trichterförmigen Höhlungen durchzogen, welche zum Teile leer, zum Teile mit Kalkschutt ausgefüllt sind, oft aber auch eisenschüssigen Lehm und Sand mit Kieselgeschieben und Bohnerzen, d. h. kugeligen, bohnenförmigen Brauneisensteinen, enthalten. Sand, Lehm und die organischen Reste, namentlich tertiäre Säugetierreste, wurden offenbar von obenher in diese Höhlungen eingeschwemmt, während die Eisenerze wahrscheinlich von eisenhaltigen Quellen abgesetzt wurden, deren Wässer in den Höhlungen aufstiegen und zirkulierten (s. untenstehende Abbildung).



Bohnerzvorkommen in der Wochein, Krain. (Nach Morlot.) a Kalkschutt. — b Leerer Raum. — c „Lavora“, Lehm mit Bohnerz. — d Kalkstein.

Im Untergrunde feuchter Wiesen und Moore oder am Grunde mancher Landseen setzen sich zuweilen erdige, löcherige, poröse Brauneisensteine ab, die nach ihrem Lagerorte Sumpf-, Wiesen-, Rasen- oder Seeerze genannt werden und gegenwärtig noch in Fortbildung begriffen sind. Namentlich die flachen Niederungen der großen Ströme begünstigen derartige Ablagerungen am meisten. Durch den Lebens- und Verwesungsprozeß der Pflanzen werden Säuren gebildet, welche das im Untergrunde fein verteilte Eisen lösen. So entstehen schleimige Eisenlösungen, die den ganzen Boden samt seinen Wurzeln &c. überziehen. Durch die oxydierende Wirkung des Sauerstoffes werden jene Pflanzensäuren in Kohlensäure verwandelt, welche in Gasform entweicht, während die braune Eisenerde zurückbleibt. Auf dem Boden der schwedischen Landseen im Kalmar-Län und Kronobergs-Län bilden sich auf diese Weise Seeerze in der Mächtigkeit von 0,75 m. Hat man diese Erze einmal gewonnen, so beginnt die Bildung der Eisenerde von neuem und schreitet so rasch vorwärts, daß man nach einigen Jahrzehnten die Ernte wiederholen kann. Die Sumpf- und Rasenerze werden stets durch einen ziemlich beträchtlichen Phosphorgehalt gekennzeichnet.

Als letzte Form der Eisenlager sind endlich noch die Eisenseifen, d. h. Lager, die durch Zusammenschwemmen älterer, in frühern Formationen gebildeter Eisenerze entstanden sind, zu erwähnen. Die technische Bedeutung dieser Lagerstätten ist meist eine ganz untergeordnete, nur die ausgedehntern und reichern werden wirklich ausgebeutet, wie die Eisenseifen an den Ufern der großen Seen und des Lorenzstromes in Nordamerika.

Die Kenntnis des Eisens reicht bei den meisten Völkern tief in das Dunkel der Vorzeit zurück. Bei den Kulturvölkern des Orients datiert die Kenntnis des Eisens mindestens in das 3. Jahrhundert vor unsrer Zeitrechnung. Von ihnen scheint die Eisenmetallurgie auf die gräko-italischen Völker übergegangen zu sein. Durch die römische Weltherrschaft wurde die Verbreitung der Eisentechnik sehr begünstigt, und namentlich die Germanen scheinen in dieser Beziehung von den Römern viel gelernt zu haben, während die keltischen Völker, welche vor der Einwanderung der Germanen Mittel- und Westeuropa besetzt hatten, eine selbständige und hochentwickelte Eisentechnik besaßen, wie zahlreiche vorgeschichtliche Funde erweisen.

In alten Eisengewinnungsgebieten wurden vielfach Spuren ehemaliger metallurgischer Thätigkeit in Form von Schlacken, Öfen &c. unter Verhältnissen aufgefunden, aus denen

hervorgeht, daß in früherer Zeit die Eisenerze in die Waldungen transportiert wurden, um in der Nähe des Brennmateriales, der Holzkohle, in kleinen Quantitäten verschmolzen zu werden. Später, als der Betrieb größern Umfang annahm und man die Bedeutung der Wasserkräfte zu schätzen gelernt hatte, verlegte man die Hüttenwerke in die Nähe der Eisenerzlager und berücksichtigte außerdem Wasserkraft und Gefälle, während die Holzkohle zugeführt wurde. Dieser Zustand blieb lange unverändert, bis sich in den letzten 25 Jahren ein großartiger Umschwung vollzog. Mit der Anlage der Eisenbahnen trat eine überaus lebhafte Steigerung im Verbrauche von Eisen und Stahl ein, man mußte dem Massenbedarfe durch eine entsprechende Produktion gerecht zu werden suchen. Dies konnte nur dadurch geschehen, daß statt der Holzkohle Steinkohle und Koks zur Verhüttung der Erze verwendet und die Wasserkraft durch die jeder beliebigen Steigerung fähige Dampfkraft ersetzt wurde. Auf diese Weise wurde die Steinkohle zum ausschlaggebenden Faktor der Eisenindustrie und konnte es um so mehr werden, als die neuen Kommunikationsmittel eine billige und rasche Zufuhr von Eisenerzen selbst aus den entlegensten Gegenden gestatteten. Während die Eisenindustrie der einzelnen Länder früher durch ihren Erzreichtum mitbedingt war, spielt derselbe nunmehr eine geringere Rolle, und der Kohlenreichtum tritt in den Vordergrund. Da, wo nicht durch glückliche Umstände Kohlen und Eisenerze zusammen vorkommen, mußten manche Jahrhunderte alte Produktionsstätten verlassen werden, und es erstanden neue Mittelpunkte der Eisenindustrie in den großen Kohlenrevieren.

Wie sehr die Eisenindustrie der Gegenwart von der Steinkohle abhängig ist, ergibt sich ganz deutlich aus der folgenden Tabelle, in welcher die Produktionsziffern für Eisenerz, Steinkohle, Roheisen und Stahl im Jahre 1882 aufgenommen erscheinen (nach J. Swank):

Produktion für 1882 in Tonnen	Eisenerz	Roheisen	Stahl	Kohle
Großbritannien	16,627,000	8,493,287	2,259,649	156,499,977
Vereinigte Staaten von Nordamerika	9,000,000	4,623,323	1,736,692	86,862,614
Deutschland	8,150,162	3,170,957	1,050,000	65,332,925
Frankreich	3,500,000	2,033,104	453,783	20,803,332
Belgien	250,000	717,000	200,000	17,485,000
Österreich-Ungarn	1,050,000	523,571	225,000	15,304,813
Rußland	1,023,883	448,514	307,382	3,292,212
Schweden	826,254	435,489	52,234	250,000
Spanien	5,000,000	85,939	216	847,128
Italien	350,000	25,000	2,800	182,500
Andre Länder	1,000,000	100,000	20,000	8,000,000
Zusammen:	46,777,299	20,656,184	6,307,756	374,860,501

Spanien, obwohl der viertgrößte Eisenerzproduzent der Welt, hat doch eine kaum nennenswerte Produktion von Stahl und Eisen, da seine Kohlenproduktion äußerst gering ist und die Erze größtenteils in kohlenreiche industrielle Gebiete, namentlich nach England, Frankreich, Deutschland, Belgien und selbst Nordamerika, ausgeführt werden. Dasselbe gilt von Italien und teilweise auch von Schweden; auch Schweden gibt einen großen Teil seiner Erze an das Ausland ab, und nur seinem Waldreichtume und dem billigen Preise der Holzkohle verdankt es den Umstand, daß es in Ermangelung von Steinkohle den andern Teil seines Erzüberflusses mit Holzkohle zu Roheisen zu verhütten und in dieser Form zu exportieren vermag. Belgien dagegen bietet ein Beispiel entgegengesetzter Art dar, es gewinnt nur wenig Eisenerze, sein Kohlenreichtum dagegen befähigt es, die aus verschiedenen Gegenden, namentlich Spanien, Schweden, Luxemburg, Deutschland, Algier und andern Gegenden, eingeführten Erze und Rohmaterialien weiter zu verarbeiten und eine blühende Eisenindustrie zu betreiben. In den alten Industriestaaten, namentlich in

England, Deutschland und Frankreich, ist die Produktion von Eisenerzen einer sehr erheblichen Steigerung kaum mehr fähig, da die vorhandenen Lagerstätten möglichst intensiv ausgebeutet werden und die Entdeckung größerer neuer Lager nicht zu erwarten ist; andre Länder dagegen, wie namentlich Nordamerika, Rußland, Schweden, Spanien, können ihre Eisenerzproduktion noch bedeutend vervielfachen. Manche der großartigsten Lager dieser Länder müssen ihrer entlegenen Position wegen ungenützt bleiben, wie im nördlichen Schweden oder im Ural, während kleine, selbst unbedeutende Vorkommnisse sehr intensiv ausgebeutet werden, wenn sie sich in der Nähe der Kohlengebiete befinden.

Bis vor kurzer Zeit wurden gewisse Erze ihrer Reinheit und Güte wegen besonders lebhaft ausgebeutet, während andre, namentlich die phosphorhaltigen, wegen ihrer schlechten Verwendbarkeit zur Stahlbereitung thunlichst gemieden wurden. Die neueste Zeit indessen hat auch in dieser Hinsicht eine große Umwälzung gebracht; es ist nämlich durch das Thomas-Gilchristsche Verfahren der Bessemerstahlbereitung nicht nur gelungen, den Phosphorgehalt der Erze unschädlich zu machen, sondern es hat sich sogar gezeigt, daß durch den Phosphorgehalt gewisse Qualitätsvorzüge des Fabrikates bedingt werden. Nunmehr werden die phosphorhaltigen Erze, die bisher vom Hüttenmanne so wenig geschätzt wurden, mindestens ebenso erwünscht sein wie die vorher so lebhaft begehrten reinen Magnetite und Hämatite.

Bei keinem Industriezweige zeigt sich die gewerbliche Regsamkeit der Gegenwart in so glänzender Weise wie bei der Eisenindustrie. Die riesigen Produktionsziffern führen schon an sich eine beredte Sprache, ihre Bedeutung erfährt aber eine noch bessere Beleuchtung, wenn man sie mit den entsprechenden Ziffern früherer Jahre vergleicht. Die Weltproduktion von Roheisen ist in dem Zeitraume von 1866 bis 1876 um 47,8 Prozent gestiegen. Für 1876 betrug die Weltproduktion rund 14,3 Millionen Tonnen, sie stieg im Jahre 1882 bis auf 20 Millionen Tonnen und hat demnach in sechs Jahren um 43 Prozent zugenommen. Die Weltproduktion von Stahl bezifferte sich im Jahre 1877 auf 2,4 Millionen, im Jahre 1882 auf 6 Millionen Tonnen, der Zuwachs betrug daher in fünf Jahren 150 Prozent. Die größte Steigerung der Eisenproduktion weisen selbstverständlich die großen industriellen Staaten und Haupteisenproduzenten England, Nordamerika und Deutschland auf. England verdoppelte seine Roheisenproduktion in den 20 Jahren von 1863 bis 1883, in Nordamerika vollzog sich die Verdoppelung der Produktion sogar in dem kurzen Zeitraume von 1878 bis 1882. Nächst Nordamerika hat namentlich Deutschland eine sehr rasche Steigerung der Eisenproduktion aufzuweisen.

An die bisher besprochenen ist noch eine Reihe andrer Metalle und Erze anzufügen, deren wirtschaftliche Bedeutung eine viel geringere ist. Das Mangan, ein fast nie fehlender Begleiter des Eisens, gehört zu den Metallen von weiter Verbreitung, in großen Mengen ist es aber doch ziemlich selten anzutreffen. Bei seiner großen Verwandtschaft zum Sauerstoffe kennt man es in der Natur nicht in metallischer Form, es bildet dagegen eine Reihe von Oxyden und Oxydhydraten, die man nach ihrer schwärzlich-braunen Färbung als Braunsteine zusammenfaßt, obwohl sich darunter mehrere mineralogische Spezies befinden. Die wichtigste unter denselben ist das Weichmanganerz oder der Pyrolusit (MnO_2) mit 62,8 Mangan und 37,2 Sauerstoff, ein stahlgraues, halbmetallisch glänzendes, faseriges oder erdiges, abfärbendes Mineral. Daneben sind von untergeordneter Bedeutung der Braunit, Hausmannit, Manganit, Psilomelan und Wad. Die Manganerze begleiten namentlich jene Eisenerzlager, die sich als Höhlenfüllungen oder pseudomorphe Lagerstätten im Kalkgebirge charakterisieren. Durch lokales Überwiegen der Manganerze können solche Eisenerzlager direkt in Manganlager übergehen, wie an einzelnen Orten im devonischen Stringokephalenkalke

des Kreises Wetzlar (Nassau). Im Departement Oberpyrenäen und in der Provinz Huelva in Spanien bilden Manganerze Füllungen von Höhlen und Taschen im Kalkgebirge, nahe der Tagesoberfläche, nach Art der Bohnerze. Endlich erscheinen Manganverbindungen in Gängen, gefolgt von Kalk- und Schwerspat. Derartige Gänge setzen bei Ilfeld im Harze im Porphyrit, am Rumpelsberg und Mittelberg in Thüringen im Porphyr auf.

Unter den europäischen Staaten nimmt Spanien als Maganproduzent eine hervorragende Stelle ein, dann folgt Deutschland, England, Österreich. Das Mangan wird in metallischer Form, in welcher es dem Eisen sehr ähnlich ist, nur äußerst selten verwendet, in neuerer Zeit hat man wohl erkannt, daß es mit Kupfer und Zink treffliche Legierungen gibt, allein der hohe, durch die Schwierigkeit der Darstellung bedingte Preis des metallischen Mangans war für die ausgedehntere Verwendung desselben bisher hinderlich. Legierungen von Mangan mit Eisen und Kohlenstoff (Ferromangan), wie sie beim Verschmelzen manganhaltiger Eisenerze im Hochofen entstehen, sind für gewisse Arten der Stahlbereitung von Bedeutung. Der größte Teil der Manganerze dient gegenwärtig zur Darstellung von Chlor und Chlorkalk, dann zur Entfärbung grünen Glases und zur Erzeugung violetter Glasflüsse. Endlich bilden die Manganerze die Quelle für zahlreiche Manganpräparate, deren man sich in der chemischen Industrie, im Gewerbe und in der Medizin bedient.

Einzelne seltenere Metalle haben für die Herstellung von Mineralfarben Bedeutung, wie Chrom und Uran. Das einzige Chromerz ist der Chromit oder Chromeisenstein ($FeO.Cr_2O_3$), ein schwärzliches, fettglänzendes, aus Chromsäure und Eisenoxyd zusammengesetztes Mineral, das in Form von Ausscheidungen im Serpentin häufig von Magnetit begleitet vorkommt. Einen großen Reichtum an derartigen Chromeisenerzen bergen die Serpentine der Balkanländer (Bosnien, Griechenland) und Kleinasiens, ferner die Serpentine am Ostabhange des Urals und in Neukaledonien. Altbekannt ist das Vorkommen von Kraubat in Steiermark, von Plavischewitza im Banat, von Tromsoe und Rohhammer in Norwegen. Zu den großartigsten Lagerstätten dieser Art gehört der Wooded Peak in Neuseeland, ein Berg, der ganz aus Serpentin zusammengesetzt ist und mächtige, felsenbildende Chromeisensteinmassen enthält. Der Chromit wird zur Darstellung der gelben und grünen Chromfarben und verschiedener Chrompräparate benutzt. Chromhaltige Eisenlegierungen bewirken, dem Stahle zugesetzt, eine bedeutende Härtesteigerung desselben.

Viel seltener als das Chrom bietet sich in der Natur das Uran dar. Von den uranhaltigen Mineralien kommt nur das Uranpecherz und auch dieses nur an wenigen Punkten in größerer Menge vor. Das Uranpecherz, ein meist derbes, dunkel gefärbtes, fettglänzendes Mineral, scheint im wesentlichen Uranoxyduloxyd zu sein, enthält jedoch zahlreiche metallische Beimengungen. Es bricht auf Gängen in Begleitung von Nickel-, Kobalt-, Silber- und Wismuterzen, am reichlichsten in Joachimsthal in Böhmen, in geringerer Menge erscheint es auch in Johanngeorgenstadt, Annaberg und Marienberg in Sachsen. In metallischer Form wird es nicht verwendet, wohl aber werden Uransalze und -Verbindungen für die Zwecke der analytischen Chemie und Photographie, namentlich aber für gelbe Farben in der Glas-, Email- und Porzellanindustrie hoch geschätzt. Der einzige Erzeugungsort ist Joachimsthal.

Unter den spröden Metallen sind namentlich drei hervorzuheben, das Antimon, Arsen[1] und Wismut. Antimon ist ein hartes, sprödes, rhomboedrisch kristallisierendes Metall

[1] Einige Chemiker zählen das Arsen und Antimon zu den Metalloiden oder metallähnlichen Stoffen; vom geologischen Gesichtspunkte ist es gerechtfertigt, Arsen und Antimon bei den Metallen und Erzen zu besprechen.

von silberartigem Aussehen und blätteriger Textur, mit dem spezifischen Gewicht 6,7. Man gebraucht es in ausgedehntem Maße zu Legierungen mit Blei, Zinn, Kupfer und Wismut (Letternmetall, Britanniametall) und zu technischen und medizinischen Präparaten. Neben dem gediegenen Vorkommen gibt es mehrere Antimonerze, deren wichtigstes das Grauspießglanzerz oder der Antimonglanz, eine Verbindung von Schwefel und Antimon ($Sb_2 S_3$), ist. Die schönen nadel- oder spießförmigen, matt silberglänzenden Kristalle oder strahligen Aggregate dieses Minerals kommen in vielen Ganggebieten als untergeordnete Begleiter von Blei-, Zink- und Silbererzen vor, wie in Oberungarn, in Deutschland, Böhmen, Frankreich ꝛc., nur selten bildet der Antimonit die vorwiegende Gangfüllung, wie zu Magurka am Ostabhange der Djumbirkette in Oberungarn oder in Ichinokawa bei Saijo (Provinz Iyo, Insel Shikoku, Japan). In der erstern Lokalität erscheinen bis zu 4 m mächtige Gänge in Granit, die mit Antimonit und goldhaltigem Quarze erfüllt sind; in der letztern setzt ein bis 0,3 m mächtiger Antimonitgang, der jene prächtigen, großen, flächenreichen Kristalle liefert, die in neuerer Zeit den europäischen Sammlungen aus Japan zugegangen sind, in kristallinischen Schiefern auf. Die reichen Antimonerzlager der Provinz Konstantine in Nordafrika und der Insel Borneo sind durch das massenhafte Vorkommen der Sauerstoffverbindungen des Antimons, des Valentinits und des Senarmontits ausgezeichnet.

Das Arsen ist bekannt durch seine giftigen Eigenschaften, die in allen seinen Verbindungen hervortreten. Es ist ein weitverbreiteter Körper und findet sich sowohl in elementarem Zustande als gediegenes Arsen wie auch in Schwefelverbindungen (Auripigment, Realgar) und in kiesigen Erzen vor. Die letztern bilden die hauptsächlichsten Arsenerze, und zwar ist es namentlich der Arsenikkies, eine Verbindung von Eisen mit Arsen und Schwefel, welcher einen großen Teil des im Handel umlaufenden Arsens liefert. Die Arsenerze sind größtenteils Gangmineralien, erscheinen aber zumeist nicht als Haupterz, sondern als Begleiter andrer Erze. Die technische Verwendung des metallischen Arsens ist ziemlich unbedeutend, arsenige Säure und Arsensäure gehören dagegen zu den wichtigen chemischen Produkten, man benutzt sie bei der Glas- und Anilinfabrikation, bei der Zeugdruckerei, zur Herstellung grüner Farben ꝛc.

Das letzte der genannten spröden Metalle, das Wismut, wird durch rötlich silberweiße Färbung, blätterige Textur, ein spezifisches Gewicht von 9,6 bis 9,8 und den niedern Schmelzpunkt von 264° C. gekennzeichnet. Gleichwie Eisen und Eis, ist es im flüssigen Zustande schwerer als im festen. Sein Hauptwert liegt in der Benutzbarkeit zu leichtflüssigen Legierungen, zu thermoelektrischen Säulen (in Verbindung mit Antimon) und medizinischen und chemischen Präparaten. Das Wismut begleitet teils in gediegener Form, teils in Verbindung mit Schwefel als Wismutglanz namentlich die Kobalt- und Nickelerze. Das Erzgebirge, Cornwall, auch Bolivia und Mexiko liefern wesentliche Mengen von Wismut.

Zum Beschlusse sei noch der Wolframerze gedacht, die man wohl schon seit langem kennt, aber stets als wertlos betrachtet hat. In neuerer Zeit wurden wiederholt Versuche gemacht, diese Stoffe für die Technik zu erobern, die bisherigen Ergebnisse dieser Bemühungen sind aber noch nicht völlig befriedigend. Wolframsalze und -Präparate haben sich als Malerfarben verwendbar gezeigt, und die Legierung von Wolfram und Eisen bewirkt, dem Stahl zugesetzt, eine namhafte Qualitätsverbesserung des letztern (Wolframstahl). Das hauptsächlichste Wolframerz ist der schwarze, metallisch glänzende Wolframit oder Wolfram, eine Verbindung von wolframsaurem Eisen und Mangan, welcher namentlich als Begleiter von Zinnerzen in den Gängen des Erzgebirges, des Harzes und von Cornwall auftritt.

---

4. Steine und Erden.

Inhalt: Edelsteine. Historische Bemerkungen. Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften der Edelsteine. Schliffformen. Künstliche Edelsteine. Diamant. Diamanten in Brasilien, im Kaplande. Die größten Diamanten. Korund. Chrysoberyll. Spinell. Topas. Beryll und Smaragd. Hyacinth. Edelsteine zweiten Ranges. Granat. Turmalin. Chrysolith. Türkis. Edelopal. Halbedelsteine: Bergkristall. Amethyst. Chalcedon. Achat. Opal. Lasurstein. Bernstein. Gagat. — Materialien der Bildhauerei und Ornamentsteine. Marmor. Sein Vorkommen in Griechenland, in Italien, in den Alpen. Gips. Serpentin. Meerschaum. Sprudelstein. Nephrit. Materialien des Bauwesens. Bausteine. Mörtelsubstanzen. Kunststeine. Materialien der Dachdeckung und des Straßenbaues. — Mahl- und Schleifsteine. Poliermittel. Lithographische Steine. Tafelschiefer. — Mineralische Dungmittel. Kalk. Gips. Kalisalze. Natronsalpeter. Phosphorit. — Erden: Kaolinite. Porzellanerde. Töpferthon. Pfeifenthon. — Feuerfeste Materialien: Graphit. Feuerfeste Steine: Asbest. Farberden. — Zu chemischen Zwecken verwendete Gesteine und Mineralien: Kalkstein. Dolomit. Magnesit. Cölestin. Strontianit. Baryt. Quarz. Schwefel. Salze. Alaun. Kryolith. Beauxit. Soda. Glaubersalz. Salpeter. Bittersalz. Borsäure und borsaure Salze.

Das Auftreten der in den vorhergehenden Kapiteln behandelten Mineralstoffe, der Erze, der Salze, der fossilen Brennstoffe ist an gewisse nicht allzu oft erfüllte Bedingungen gebunden. Das Material für den uns nun vorliegenden Abschnitt hingegen ist mit wenigen Ausnahmen viel verbreiteter, ja es findet sich zum Teile allerorten. Hand in Hand mit dieser weiten Verbreitung geht auch seine Mannigfaltigkeit. Es tritt uns auf diesem Gebiete ein fast unübersehbares Detail entgegen, auf welches nur in Ausnahmefällen näher eingegangen werden kann, meist werden wir uns mit einer in den allgemeinsten Zügen gehaltenen Beschreibung begnügen müssen.

Die Verwendungsart der Steine und Erden ist eine sehr verschiedene, oft nur von lokalen Verhältnissen hervorgerufene. Dasselbe Gestein kann zu den mannigfaltigsten Zwecken dienen, während auch derselbe Effekt durch unterschiedliches Material erzielt werden kann. Dieser Umstand ist es zumeist, der es so sehr erschwert, auf diesem Gebiete eine befriedigende Übersicht über das Detail zu gewinnen. Am vorteilhaftesten erscheint es, nur die Verwendungsart der Steine und Erden als Einteilungsprinzip zu berücksichtigen, und dann ergibt sich folgende Anordnung. Von der kostbarsten, wenn auch nicht wichtigsten Gruppe der Edelsteine ausgehend, gelangt man zu den Materialien der Ornamentik und Plastik und von diesen zu den Materialien des Bauwesens. Weiter mögen folgen die Mahl- und Schleifsteine, die Poliermittel, die lithographischen Steine und Tafelschiefer, die mineralischen Dungstoffe und die Erden. Den Schluß bilden die zu chemischen Zwecken benutzten Mineralien. Statistische Angaben werden in diesem Abschnitte größtenteils unterbleiben müssen, da es nur bei wenigen dieser Mineralien möglich ist, Angaben über die jährlich gewonnenen Mengen derselben zu sammeln.

Edelsteine.

Die Bezeichnung „Edelsteine“ faßt schon in sich, daß die Mineralien, welchen sie beigelegt wurde, durch hervorragende glänzende Eigenschaften diesen stolzen Namen erworben haben. In der That sind die Edelsteine durch den hohen Härtegrad, den sie besitzen, ihr lebhaft sprühendes Feuer, ihre Klarheit und Durchsichtigkeit, ihre funkelnden Farben von Natur aus wie geschaffen, zu schmücken und zu zieren. Die genannten seltenen Merkmale bilden wohl ein gemeinsames Band um die gewöhnlich zu den Edelsteinen gerechneten Mineralien, aber sie kommen denselben in sehr verschieden hohem Grade zu,

so daß es kaum möglich ist, den Begriff Edelsteine scharf zu umgrenzen. Nicht bloß das Herkommen, selbst die Mode entscheidet zuweilen, ob man gewisse Steine als Edel- oder mindestens als Schmucksteine zu betrachten habe oder nicht.

Unter den alten Kulturvölkern dürften wohl die Indier, deren Heimat so reich an Edelsteinen ist, zuerst oder mindestens sehr frühzeitig den Wert der Edelsteine erkannt haben. Ebenso waren sie den Ägyptern bekannt, welche sogenannte Skarabäen (Käfergemmen) aus edlen Steinen anfertigten und den Toten unter die Zunge legten, da sie die Käfergattung Scarabaeus als Symbol der Unsterblichkeit verehrten. Von den Ägyptern ist der Gebrauch der Edelsteine auf die Juden übergekommen, während dagegen die Griechen zur Zeit Homers nur Gold und Bernstein als Geschmeide gekannt zu haben scheinen. Später, im 7. und 6. Jahrhundert v. Chr., war der Gebrauch von Edelsteinen unter den Griechen allgemein verbreitet, und unter den Römern der Kaiserzeit hat in den besitzenden Klassen eine derartige maßlose Steigerung des Edelsteinluxus stattgefunden, wie er selbst von der Gegenwart nicht erreicht wurde.

Die Griechen und Römer verstanden gleich den Ägyptern die Steine in kunstvoller Weise, bald vertieft (Gemmen), bald erhaben (Kameen), zu gravieren und erlangten in dieser Kunst eine bis heute unübertroffene Fertigkeit. Dagegen blieb ihnen die Kunst der Steinschleiferei unbekannt. Diese letztere Technik, welche den Glanz und das Feuer der Edelsteine so sehr erhöht, entwickelte sich erst im Mittelalter und ist bis auf den heutigen Tag in fortwährendem Fortschritte begriffen. So hoch ausgebildet auch im Altertume und Mittelalter die technische Kenntnis der Edelsteine war, so wundersam und kindisch waren die Anschauungen über die geheimnisvollen mystischen Kräfte, welche den Edelsteinen innewohnen sollten. Erst der Neuzeit war es vorbehalten, die Edelsteine vom naturwissenschaftlichen Standpunkte zu untersuchen und ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften festzustellen.

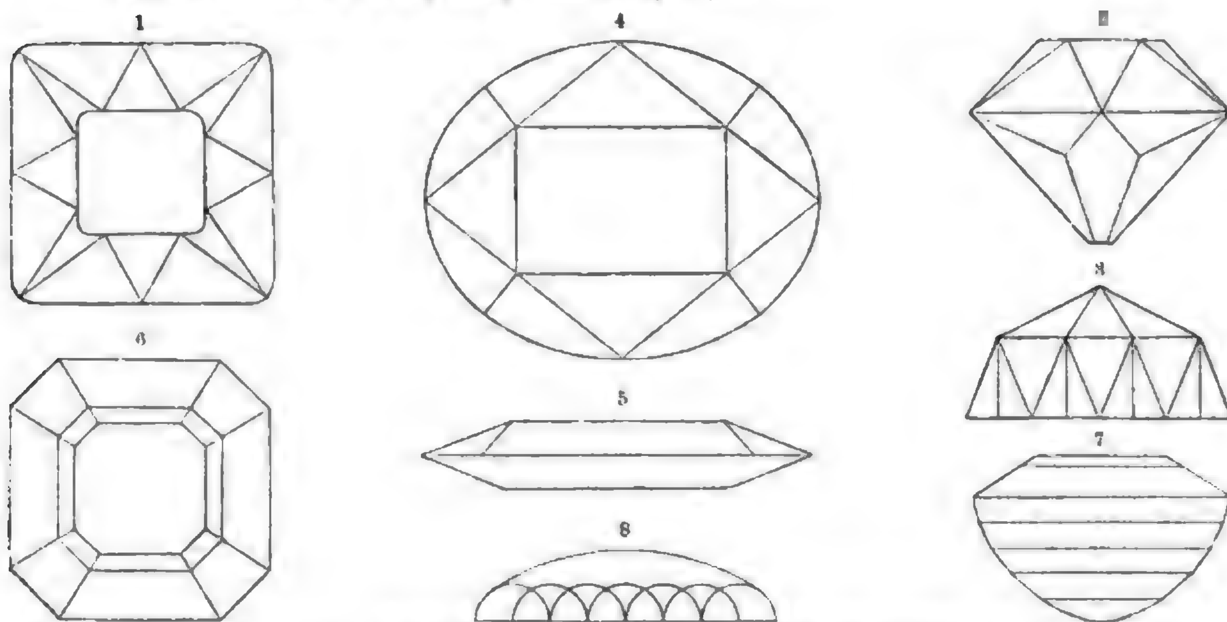
Dabei hat es sich zunächst gezeigt, daß der technische Begriff gewisser Edelsteine, wie er z. B. den Juwelieren geläufig ist, sich mit dem mineralogischen keineswegs deckt. So hat man lange Zeit manche Steine, ihrer durchsichtigen Goldfarbe wegen, als Topase bezeichnet, die in Wirklichkeit verschiedenen Mineralspezies angehören. Umgekehrt galten der blaue Saphir und der rote Rubin seit jeher als zwei verschiedene Edelsteine, und sind doch nur zwei zufällige Farbenvarietäten e i n e s Minerales, des Korunds.

Im chemisch reinen Zustande wären die meisten Edelsteine farblos, ihre prächtigen Farben rühren oft nur von zufälligen Verunreinigungen durch Metalloxyde her, die sich bei der Kristallisation zugesellten. Mengen von Metalloxyden, die zu gering sind, um durch die chemische Analyse nachweisbar zu sein, genügen schon, um die gesättigtste Färbung hervorzurufen. Die Art der Färbung, von der man sich bei Beurteilung von Steinen so gern leiten läßt, ist demnach vom mineralogischen Standpunkte ganz unwesentlich. Dagegen bietet die optische Eigenschaft des Pleochroismus, die Vielfarbigkeit, ein vortreffliches Hilfsmittel zur Bestimmung von Edelsteinen. Alle Kristalle, mit Ausnahme der regulären oder tesseralen, zeigen nämlich in zwei oder drei verschiedenen Richtungen zwei oder drei verschiedene Farbenabstufungen (Dichroismus, Trichroismus), zu deren Untersuchung man sich eines besondern kleinen Instrumentes, der dichroskopischen Lupe, bedient.

Fernere Handhaben zur mineralogischen Bestimmung gewähren die Eigenschaften der Härte und des spezifischen Gewichtes. Die chemische Untersuchung, die in erster Linie von entscheidender Bedeutung sein könnte, hat natürlich keinen praktischen Wert, da sie nur unter Zerstörung des zu bestimmenden Körpers zu einem Ergebnisse führt. Der großen Härte verdanken die Edelsteine den Glanz ihrer Politur, die Schärfe der Kanten und Gravierungen und die Reinheit der Flächen.

Die rohen Edelsteine, wie sie uns die Natur liefert, haben oft ein recht unansehnliches Äußere. Erst durch den Schliff treten ihre bestechenden Eigenschaften recht deutlich hervor. Man gibt den Edelsteinen, je nach ihrer Beschaffenheit und Größe, verschiedene herkömmliche Schliffformen, deren hauptsächlichste folgende sind (s. untenstehende Abbildungen):

1) Der Brillantschnitt, ist für den Diamanten und die meisten andern Edelsteine der günstigste Schnitt.
2) Die Rosette, Raute oder Rose.
3) Der Tafelstein, bei Steinen von geringer Dicke angewendet.
4) Der Treppenschnitt.
5) Der gemischte Schnitt, eine Verbindung von Brillant- und Treppenschnitt.
6) Der muschelige oder mugelige Schnitt. Flach gewölbte Form, die besonders für halbdurchsichtige Steine mit Farben- oder Lichtspiel vorteilhaft ist, wie für edlen Opal, Mondstein, Katzenauge und dergleichen.



Schliffformen der Edelsteine: 1. Brillantschnitt, von oben. — 2. Brillantschnitt, von der Seite. — 3. Rosette oder Raute. — 4. Tafelstein, von oben. — 5. Tafelstein, von der Seite. — 6. Treppenschnitt, von oben. — 7. Treppenschnitt, von der Seite. — 8. Mugeliger Schnitt.

Man unterscheidet an jedem geschliffenen, gefaßten Steine einen Oberteil (Krone, Pavillon), der über die Fassung hervorragt, einen unter der Fassung liegenden Unterteil (Cülasse) und die in der Fassung steckende Kante (Rundiste) des Steines. Die Fassung selbst ist entweder nur eine randliche (à jour), wo Ober- und Unterseite frei sind, oder es wird die Unterseite durch die Fassung verdeckt (Kastenfassung). Der letztern bedient man sich bei weniger reinen Steinen zum Verdecken etwaiger Fehler und zur Erhöhung des Glanzes und der Farbe durch Unterlegung einer Folie aus Metallblech. Das Schleifen der Edelsteine geschieht auf Metallscheiben, die durch eine einfache mechanische Vorrichtung in rasche Umdrehung versetzt werden. Als Schleifmittel bedient man sich für die meisten Edelsteine fein pulverisierten Schmirgels, einer rohen Abart des Korunds, für Diamant und Korund hingegen muß man Diamantpulver, sogenanntes Diamantbort, verwenden, denn nur dieses ist hart genug, um den härtesten Körper, den Diamant, anzugreifen. Nach dem Schleifen folgt das mit Tripel, Zinnasche, Polierschiefer und dergleichen vorzunehmende Polieren, welches den Glanz und die Glätte der Flächen vervollständigt.

Bei dem hohen Werte und der Beliebtheit der Edelsteine kann es nicht wundernehmen, daß es an Bemühungen nicht gefehlt hat, einerseits Verfälschungen und Nachahmungen

vorzunehmen, anderseits echte Edelsteine auf künstlichem Wege zu erzeugen. Eine der gewöhnlichsten Fälschungen bilden die sogenannten Dubletten. Der flache Teil eines echten Edelsteines wird an einen gleichgefärbten Glasfluß unkenntlich angeschmolzen. Unterzieht man nur die obere Seite einer nähern Prüfung, so meint man einen echten Edelstein vor sich zu haben, während doch nur die obere Tafel echt, das übrige wertlos ist. Früher wurden die beiden Bestandteile mit Mastix zusammengekittet, welche Fälschung aber in warmem Wasser durch Erweichen des Kittes und Zerfallen des Steines kenntlich war. Versuche, falsche Edelsteine aus Glasflüssen herzustellen, wurden, wie Plinius erzählt, schon von den Römern mit Erfolg unternommen. In neuerer Zeit hat man darin große Fortschritte gemacht und versteht es, die kostbarsten Edelsteine in Bezug auf Farbe und Glanz so vortrefflich nachzuahmen, daß selbst geübte Kenner, wenn sie nicht die Härteprobe vornehmen, Täuschungen unterliegen. Eine merklich höhere als die Glashärte (5) konnte man den künstlichen Glasflüssen, die nach ihrem Erfinder „Straß" genannt werden, nicht verleihen, und so gibt denn die geringere Härte ein leichtes und sicheres Mittel zur Unterscheidung der Nachahmungen an die Hand. Zur Bereitung von Straß gibt es verschiedene Vorschriften, am häufigsten nimmt man hierzu: 32 Prozent Bergkristall, bis 50 Prozent Bleisuperoxyd (Mennige), 17 Prozent Kali, 1 Prozent Borax und $^1/_{30}$ Prozent Arsenik. Überraschend schöne Glasflüsse mit prachtvollem Farbenspiele erhält man, wenn man statt des Kalis Thallium beimengt. Die Färbung des an sich farblosen Straß wird durch Zusatz von Metalloxyden erzielt.

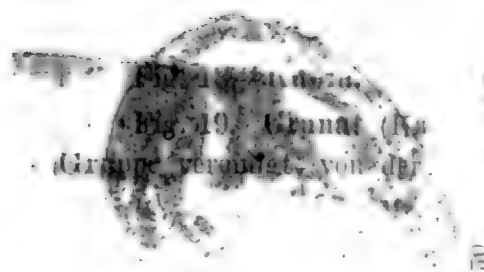
Hat sich die Industrie hauptsächlich die Erzeugung billiger und doch schöner Nachahmungen zur Aufgabe gemacht, so hat es die Wissenschaft versucht, echte Edelsteine von derselben chemischen Zusammensetzung und denselben physikalischen Eigenschaften wie die entsprechenden natürlichen auf künstlichem Wege im Laboratorium darzustellen. Man hat diesen Zweck im kleinen auf verschiedenem Wege erreicht. So hat Gaudin im Knallgasgebläse, das den höchsten bisher bekannten Hitzegrad liefert, reine Thonerde zu einem haselnußgroßen Kügelchen umgeschmolzen, dessen innere Höhlung mit winzigen Korundkriställchen bedeckt war. Ebelmen gelang es durch Zusatz von Borax oder Borsäure zu den Bestandteilen des zu erzeugenden Edelsteines und geeignetes Umschmelzen die meisten Edelsteine in ziemlich großen Kristallen darzustellen. Auch Daubrée, St. Clair Deville und Caron haben das Problem der künstlichen Herstellung von Edelsteinen durch sinnreiche, meist ziemlich komplizierte Methoden gelöst und dadurch Ergebnisse erzielt, die zwar die Wissenschaft als hochwichtige Bereicherung des Wissens freudig begrüßt hat, die aber noch keine praktische Bedeutung gewonnen haben.

Den ersten Rang unter den Edelsteinen nimmt vermöge seiner von keinem andern Körper erreichten Härte (10), seiner außerordentlich starken Lichtbrechung und Farbenzerstreuung der Diamant ein. Die Griechen nannten ihn den unbezwingbaren (ἀδάμας). Seine große Härte war ihnen wohl bekannt, nur wußten sie nicht, daß ein harter Körper gleichzeitig auch sehr spröde sein kann, und glaubten daher, daß der Diamant, auf einen eisernen Amboß gelegt, nicht nur den stärksten Hammerschlägen widersteht, ja sogar den Hammer und Amboß selbst zum Zerbersten bringen kann. In frischem Bocksblute dagegen sollte der Diamant, nach der Meinung der Alten, wie die Perlen im Essig lösbar sein. Auch das Mittelalter verharrte bei diesem Glauben, Albertus Magnus, der gelehrte Bischof von Regensburg (1260), hielt das Bocksblut namentlich dann für besonders kräftig, wenn der Bock zuvor Petersilie gefressen und Wein getrunken habe. Begreiflicher und verzeihlicher als dieser Aberglaube ist die irrige Meinung der Alten, daß der Diamant auch für das Feuer unbezwinglich ist. Gegenwärtig wissen wir längst, daß der Diamant sogar ziemlich leicht verbrennbar ist und, in reinem Sauerstoffe verbrannt, Kohlensäure gibt. Er

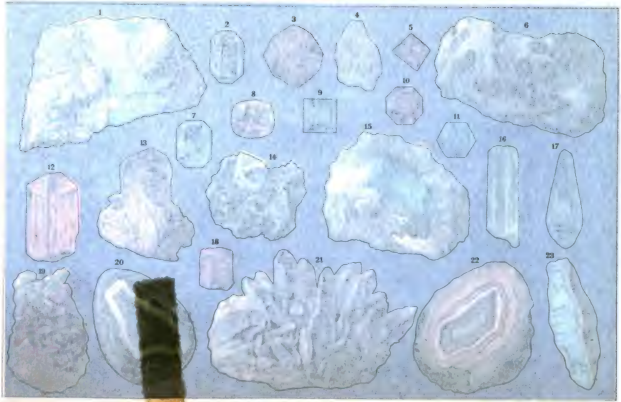
EDELSTEINE.

(Nach der Natur von Theodor Alphons.)

Digitized by Google



[Zur Tafel: »Edelsteine«]



Digitized by Google

Erklärung zur Tafel ‚Edelsteine'.

Fig. 1. Edler **Opal.** Ader in zersetztem Trachyt von Czerwenitza in Ungarn.

Fig. 2. Edler **Chrysolith.** Loser Kristall.

Fig. 3. Edler **Granat.** Loser rhombendodekaëdrischer Kristall.

Fig. 4. **Chrysoberyll.** Geschiebe vom Rio Piauhi, Minas noras, Cap Minas Geraës in Brasilien.

Fig. 5. Edler **Spinell.** Loser oktaëdrischer Kristall.

Fig. 6. **Pyrop** (böhmischer Granat). Körner, in Serpentin eingewachsen, von Meronitz in Böhmen.

Fig. 7. Edler **Beryll** (sibirischer Aquamarin). Ringstein, achteckig, mit Treppenschnitt.

Fig. 8. Brasilischer **Topas.** Ringstein, oval, oben mit Brillant-, unten mit Treppenschnitt.

Fig. 9. **Smaragd.** Ringstein, viereckig mit Treppenschnitt.

Fig. 10. Orientalischer **Rubin.** Ringstein, achteckig, mit Treppenschnitt.

Fig. 11. Orientalischer **Saphir.** Sechseckiger Ringstein mit Treppenschnitt.

Fig. 12. **Topas.** Abgebrochener, vorwiegend prismatisch entwickelter Kristall von Capao bei Villarica in Brasilien.

Fig. 13. **Turmalin** (Rubellit). Auf Glimmer aufgewachsener Kristall von Mursinsk bei Jekaterinburg im Ural.

Fig. 14. **Diamant.** Ungefähr 4—5 Karat schwer, Oktaëder mit dem Achtundvierzigflächner, in grünem, vulkanischem Tuffe, von Bultfontein in Südafrika.

Fig. 15. **Smaragd-Kristalle,** mit Calcit in bituminösem Kalkstein, von Santa Fé de Bogotá in Kolumbien.

Fig. 16. **Beryll.** Abgebrochener Kristall aus Sibirien.

Fig. 17. **Saphir.** Loser Kristall, von der Edelsteinwäsche Ratmassura auf Ceylon.

Fig. 18. **Rubin.** Loser Kristall, treppig gebaut, mit Zwillingslamellen.

Fig. 19. **Granat** (Kaneelstein). Kristalle, mit Diopsid, Calcit und Chlorit zu einer Gruppe vereinigt, von der Mussa-Alpe in Piemont.

Fig. 20. **Onyx.** Mugelig geschliffen, aus Arabien.

Fig. 21. **Amethyst**-Druse von Prokura in Siebenbürgen.

Fig. 22. **Achat.** Eben geschliffen, Ostindien.

Fig. 23. **Türkis.** Ader in Kieselschiefer, von Meschėd im nordöstlichen Persien.

Die Originale hierzu befinden sich sämtlich im k. k. naturhistorischen Hofmuseum in Wien.

besteht demnach, wie bekannt, aus reinem Kohlenstoff, der hellste, härteste und durchsichtigste Körper stellt sich nur als ein allotroper Zustand der schwarzen, als schmutzig verrufenen Kohle dar.

Während der Kohlenstoff in seiner Form als Kohle und Graphit in der Natur weitverbreitet ist, gehört der Diamant zu den seltenen Körpern. Nur ausnahmsweise waren in der Natur jene uns noch nicht bekannten Bedingungen gegeben, die den Kohlenstoff bewogen, die Form wasserheller, tesseraler Kristalle anzunehmen. Man hat am Diamant alle vollflächigen Kristalle des tesseralen Systems beobachtet. Die Kristallflächen sind meist eigentümlich gerundet oder gewölbt (s. die beigeheftete Tafel „Edelsteine", Fig. 14) und durch jenen besonders lebhaften Glanz ausgezeichnet, den man den Diamantglanz nennt. Sein spezifisches Gewicht beträgt 3,52. Der Diamant ist meistens farblos, durchsichtig und wasserhell, er kann aber auch eine weiße, graue, grüne, gelbe, ja sogar rote, blaue und schwarze Färbung annehmen. Rote, blaue und grüne Diamanten finden sich allerdings nur sehr selten und werden dann noch höher gezahlt als die feurigsten wasserhellen Steine. Wie die größte Härte, besitzt der Diamant auch das stärkste Lichtbrechungsvermögen, der flüssige Schwefelkohlenstoff, das Kassiaöl und das Sassafrasöl kommen ihm jedoch darin so nahe, daß er in diesen Flüssigkeiten nahezu unsichtbar wird, nur etwaige Fehler, Flecke und Sprünge heben sich so deutlich hervor, daß man sich dieses Verfahrens zur Prüfung von Diamanten bedienen kann.

Der Diamant kommt nicht nur in Form von Kristallen und Kristallgruppen vor, er erscheint auch als Bort in Gestalt kleiner radialstängeliger Kugeln und als Carbonat, Carbonado, in Form schwarzer, kristallinischer rundlicher Körper, die beim Verbrennen bis zu 2 Prozent Asche hinterlassen. Lange Zeit kannte man nur die losen Kristalle, die auf zweiter oder dritter Lagerstätte in jetztzeitlichen Anschwemmungen von Flüssen oder in ältern Schwemm-, Schutt- und Konglomeratbildungen vorkommen und von Quarzgeröllen, Gold, Platin, Topas, Turmalin, Andalusit, Zirkon, Zinnstein, Granat und mehreren wertvollen und seltenen Stoffen begleitet werden. Später gelang es, den Diamant in seinen Muttergesteinen eingeschlossen aufzufinden und zwar zunächst im sogenannten Itakolumit oder Gelenkschiefer Brasiliens, einem merkwürdigen kristallinischen Schiefer, welcher in nicht zu dicken Platten eine höchst auffallende Biegsamkeit besitzt. Man erwartete bei der großen Verbreitung des Itakolumits von dieser Entdeckung seinerzeit große praktische Konsequenzen, die aber bei der Seltenheit der Diamanteinschlüsse ebensowenig erfolgt sind, als sich die Hoffnung erfüllt hat, daß dieses Vorkommen geeignet sein werde, Aufschlüsse über die Bildungsweise der Diamanten zu geben. Die Wissenschaft ist diesbezüglich noch zu keinen entschiedenen Resultaten gelangt und betrachtet die Frage nach der Entstehung des Diamants als eine offene. Bei Beobachtung gewisser schwarzer Punkte und zellenartiger Einschlüsse im Diamant hat man vor Jahren der Vermutung organischen Ursprungs Raum gegeben, doch hat es sich seither gezeigt, daß diese Deutung eine unrichtige war.

Auch die Versuche, Diamanten künstlich zu erzeugen, sind nicht sehr befriedigend ausgefallen. Despretz ließ im luftleeren Raume einen starken elektrischen Strom lange Zeit durch einen Kohlencylinder hindurchgehen und fand nach Verlauf von über einem Monate eine dünne Schicht schwarzen, carbonatähnlichen Staubes abgelagert, welcher unter dem Mikroskope bei dreißigfacher Vergrößerung die reguläre Kristallform von Oktaedern erkennen ließ und zum Polieren von Rubin geeignet war. Es war also auf diesem Wege wenigstens gelungen, die Carbonat genannte Modifikation von Diamant künstlich herzustellen.

Die ältest bekannten Fundorte von Diamanten liegen in Ostindien, von woher die meisten altberühmten, großen Prachtsteine stammen. Die Diamanten kommen daselbst in der Vindhya-Series, einer mächtigen Ablagerung von wahrscheinlich paläozoischem Alter,

vor und liegen in einem Konglomerate oder einer Sandsteinbreccie, werden aber auch auf dritter Lagerstätte in Flußalluvien aufgefunden. Gegenwärtig sind die Lager infolge jahrhundertelanger Ausbeutung ziemlich erschöpft.

Nach Ostindien hat Brasilien die Hauptmenge von Diamanten geliefert. Die reichsten Fundorte befinden sich im losen Schwemmgebirge bei Diamantina, früher Toluco genannt, in der Provinz Minas Geraës und in der Provinz Bahia. Man hatte in den dortigen Goldwäschen schon lange glänzende Steine gefunden, ihr wahrer Wert wurde aber erst im Jahre 1727 bekannt. Die brasilischen Diamanten machten den indischen bald empfindliche Konkurrenz, mußten aber anfangs zur Beseitigung des Mißtrauens, welches die um die Entwertung ihrer Vorräte besorgten Händler absichtlich wachgerufen hatten, erst nach Ostindien gebracht werden, um dann als indische Diamanten in den Handel zu gelangen.

Auf ähnlichen Lagerstätten wie in Brasilien hat man Diamanten mit Gold vergesellschaftet im Ural aufgefunden, ferner in Mexiko, in Kalifornien und andern Ländern Nordamerikas sowie an mehreren Punkten Australiens; doch waren diese Funde nicht reichlich genug, um eine Bewegung auf dem Weltmarkte hervorzurufen.

Um so größer war dagegen der merkantile Einfluß der Entdeckung der sogenannten Kapdiamanten, welche im Jahre 1867 am Orangeflusse erfolgte. Besonders reich erwies sich namentlich das Griqualand am Vaalflusse. Anfangs waren es nur die holländischen Boers, welche die Diamanten in den Flußalluvionen aufsuchten, bald aber bemächtigten sich amerikanische und europäische Diamantensucher der Terrains, und es entwickelten sich nun dieselben sozialen Verhältnisse wie ehemals in den Goldfeldern Kaliforniens, Verhältnisse, die ihrer Merkwürdigkeit und Abenteuerlichkeit wegen in Romanen und Reisewerken schon so vielfach beschrieben worden sind. Bald entdeckte man, daß sich die Diamanten nicht nur in den rezenten Flußalluvionen, sondern in noch lohnenderer Menge auf der baumlosen Plateauhöhe vorfänden. Hier wurde die ursprüngliche Lagerstätte der Diamanten aufgesucht, die aus vulkanischem Gesteine gebildet wird. Die Diamanten erscheinen neben Bruchstücken von Gneiß und andern kristallinischen Schiefern in einem grünlichen doleritischen oder gabbroähnlichen, stark zersetzten Gesteine eingebettet, welches in Form von schlot- oder kraterartigen, rundlich begrenzten Massen in die Sandsteine und Schiefer der Karrooformation eingesenkt ist. Auf der Tafel „Edelsteine“, bei S. 816, wurde unter Fig. 14 ein Kapdiamant abgebildet, der im Muttergesteine eingeschlossen ist und jenen schwach gelblichen Farbenton erkennen läßt, der den meisten Kapdiamanten eigentümlich ist. Außerdem wurden im Transvaalgebiete auch noch in postpliocänen Sanden auf zweiter Lagerstätte Diamanten aufgefunden, die mit Geröllen von Quarz, Achat, Dolerit mit Topas, Granat, Ilmenit, ähnlich wie in Brasilien, vergesellschaftet waren. Die Hauptmasse der geförderten Diamanten lieferten die vier Gruben Kimberley, Old de Beers, Bultfontein und Du Toits Pan. Die jährliche Produktion derselben wird für die letzten Jahre auf $2^1/_2$ Millionen Karat im Werte von mehr als 50 Millionen Mark, die Gesamtproduktion seit 1871 auf 31 Millionen Karat im Werte von 800 Millionen Mark geschätzt.

So merkwürdig wie die Naturgeschichte der Diamanten sind auch die Schicksale einzelner Steine, die durch Größe und besondere Schönheit berühmt geworden sind. Für den vollkommensten und schönsten Brillanten hält man den Regent oder Pitt (s. Abbildung, S. 820, Fig. 2 u. 11), der sich im französischen Kronschatze befindet und ein Gewicht von $136^3/_4$ Karat besitzt. Er wurde im Jahre 1702 in den Diamantengruben von Partlat bei Golkonda in Ostindien von einem Sklaven aufgefunden, der sich an den Lenden verwundete, um ihn unter dem Verbande zu verstecken. Um den seltenen Stein zu verwerten, vertraute er sich einem Matrosen an, der den Diamanten zu sich nahm, den Sklaven aber ertränkte. Der Matrose verkaufte ihn für 1000 Pfund Sterling an Pitt, den

damaligen Gouverneur des Forts St. George, vergeudete in kurzer Zeit das Geld und erhängte sich. Pitt aber, nach dem der Stein benannt wurde, verkaufte ihn für 3³/₄ Millionen Frank an die Krone Frankreich. Der Stein hatte damals ein Gewicht von 410 Karat, er verlor durch den Schliff, welcher zwei Jahre in Anspruch nahm und 27,000 Thaler kostete, zwei Drittel seiner Größe. Die abgesprengten Stücke besaßen noch einen Wert von 48,000 Thalern. In den Schreckenstagen des Jahres 1792 wurde er mit sämtlichen Krondiamanten geraubt, aber bald wieder aufgefunden. Die Republik versetzte ihn beim Berliner Kaufmann Treskow, und nach der Einlösung zierte er den Degenknopf Napoleons I.

Der größte der berühmten Diamanten Europas ist der Orlow mit dem Gewichte von 194³/₄ Karat. Er hat die Form einer facettenreichen Rosette und stammt aus Indien, wo er früher eins der Augen einer Götterstatue gebildet haben soll. Er kam in den Besitz des Schah Nadir von Persien. Nach dessen Ermordung entwendete ihn ein französischer Grenadier, und nachdem er mehrfach seinen Eigentümer gewechselt hatte, erstand ihn der russische Graf Orlow für die Kaiserin Katharina II. Seither bildet er die Spitze des russischen Zepters. Eine ähnliche Form wie der Orlow besitzt der 279 Karat schwere Großmogul (s. S. 820, Fig. 1), welcher im Jahre 1550 in der Grube Colone gefunden wurde.

Der Kohinur, Berg des Lichtes (s. Abbildung, S. 820, Fig. 8 alte Form, 10 neue Form), ist in seiner neuen Form ein etwas flacher, ovaler Brillant und befindet sich im Eigentume der Königin Viktoria von England. Er war in frühern Jahrhunderten der Talisman und Kronjuwel indischer Radschas und gelangte zuletzt in den Besitz des Herrschers von Lahor, wo er von englischen Truppen im Jahre 1850 erbeutet wurde. Im Jahre 1852 wurde er von dem berühmten Diamantenschleifer Voorsanger in Amsterdam in 38 Tagen zur Brillantform zugeschliffen, wodurch sein Gewicht von 280 auf 106¹/₁₆ Karat herabgemindert wurde.

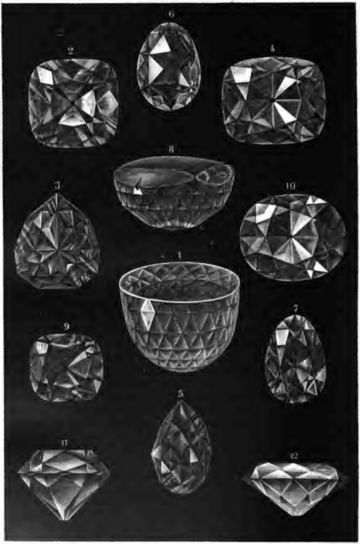
Der Florentiner oder Großherzog von Toscana (Fig. 3, 5), der sich gegenwärtig im Schatze des österreichischen Kaisers befindet, war früher einer der berühmten Diamanten Karls des Kühnen von Burgund. Karl der Kühne hatte ihn 1475 in der Schlacht bei Granson verloren, wo er von einem Schweizer auf der Landstraße gefunden und für einen Gulden an einen Geistlichen verkauft wurde; der Geistliche trat ihn für drei Frank an die Berner ab. Endlich gelangte er in den Besitz des Mailänder Regenten Ludovico Marco Sforza, wurde später vom Papste Julius II. erstanden und kam endlich nach Wien.

Ein fernerer ehemaliger Diamant Karls des Kühnen ist Le Sancy, ein nur 53¹/₂ Karat schwerer, aber sehr schöner ovaler Brillant. Karl der Kühne trug ihn 1477 in der Schlacht von Nancy, in der er sein Leben verlor. Ein Schweizer Soldat nahm ihn bei der Plünderung an sich und verkaufte ihn um ein Geringes. Er ging durch viele Hände, darunter auch die des Grafen Sancy, bis er in den französischen Kronschatz gelangte, und auch da blieb er nicht dauernd, sondern wurde unter den Napoleoniden an den russischen Kaiser verkauft.

Der Stern des Südens (Fig. 4, 12) wog ursprünglich 254¹/₂ Karat und ist der größte in Brasilien gefundene Diamant.

Unter den farbigen Diamanten sind am berühmtesten der saphirblaue Hope (Fig. 9), im Besitze der Familie gleichen Namens, und der grüne Diamant (Fig. 7) aus dem Grünen Gewölbe in Dresden.

Die seltenen Eigenschaften des Diamanten machen ihn nicht nur zum Schmucke geeignet, sondern befähigen ihn auch zu mancherlei andern, wahrhaft segensreichen Verwendungsarten. Man benutzt ihn nicht nur zum Schleifen und Glasschneiden, sondern auch zum Bohren harter Gesteine, und in dieser letztern Verwendung erspart der mit staunenswerten Resultaten arbeitende Diamant dem Menschen unendlich viel Arbeit, Kosten und Zeit. Vermöge seines starken Lichtbrechungsvermögens eignet er sich in hervorragender



Die größten Diamanten.

1. **Großmogul**, 279 Karat. — 2 und 11. **Regent** oder **Pitt**, im französischen Kronschatze, $136\frac{3}{4}$ Karat. — 3 und 6. **Florentiner**, im Schatze des österreichischen Kaisers, $133\frac{1}{5}$ Karat. — 4 und 12. **Stern des Südens**, aus Brasilien, in Privatbesitz, 125 Karat. — 5. **Sancy**, im Besitze des russischen Kaisers, $53\frac{1}{2}$ Karat. — 7. **Grüner Diamant**, im Grünen Gewölbe zu Dresden, 40 Karat. — 8. **Kohinur**, im englischen Kronschatze, alte Form, 280 Karat; 10. neue Form, $106\frac{1}{16}$ Karat. — 9. **Blauer Diamant**, von Hope in Amsterdam, $44\frac{1}{4}$ Karat. Vgl. Text, S. 818—822.

Digitized by Google

Weise zur Herstellung von mikroskopischen Linsen und würde gewiß eine viel ausgedehntere Benutzung finden, wenn sein noch immer hoher Preis und seine Seltenheit es gestatten würden.

Als zweiten in der Reihe der Edelsteine betrachtet man allgemein den **Korund**. Er ist nach dem Diamanten der härteste Edelstein, sein Härtegrad ist 9, das spezifische Gewicht 3,9 bis 4. Wie der Diamant aus einem jener Stoffe besteht, die in der Natur am allerweitesten verbreitet sind, so auch der Korund, der nichts andres ist als reine, kristallisierte Thonerde (Al_2O_3). Seine Kristalle gehören zum rhombischen System, eine häufige Form bilden die sechsseitige Säule und sechsseitige Pyramide, wie eine solche auf der Tafel „Edelsteine", Fig. 17, 18, bei S. 816, abgebildet erscheint. Die durchsichtigen, als Edelsteine benutzten losen Kristalle und Geschiebe bringt man meist aus Indien, Ceylon und Birma, wo sie in Schwemmbildungen auf zweiter Lagerstätte vorkommen. Ihre ursprüngliche Heimat bilden die kristallinischen Massen- und Schiefergesteine, die Granite, Gneiße, Glimmerschiefer und dergleichen und die kristallinischen Kalke. In diesen Gesteinen eingewachsen, kennt man den Korund von Indien, Ceylon, China, von Katharinenburg im Ural, von Miask im Ilmengebirge, Chester in Massachusetts, von der Culsageegrube in Nordcarolina. In letzterer Örtlichkeit wurden große, bis über drei Zentner schwere Kristalle, freilich nicht von der durchsichtigen, reinen, als Schmuck verwendbaren Varietät, sondern in Form des wenig durchsichtigen, verschiedentlich gefärbten gemeinen Korunds oder Demantspats gefunden. Eine einheimische, gegenwärtig verlassene, früher aber ausgebeutete Lokalität ist die Iserwiese im Isergebirge, wo der Korund mit Spinell, Granat, Zirkon und Titaneisen (Iserin) in einer losen Ablagerung vorkommt.

Man unterscheidet elf Farbenvarietäten dieses Edelsteines, die verschieden hoch geschätzt werden Am höchsten bewertet ist der karmesin- oder kochenillerote **Rubin** (s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 10), der schon im Altertume als Anthrax oder Carbunculus sehr beliebt war. Als **Saphir** bezeichnet man die blauen Varietäten vom dunkelsten bis zum lichtesten Blau (s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 11). Der gelbe Korund wird **orientalischer Topas**, der grünlichblaue **orientalischer Aquamarin**, der äußerst seltene, gesättigt dunkelgrüne **orientalischer Smaragd** genannt. Der gelblichgrüne Korund bildet den **orientalischen Chrysolith**, der rötlichgelbe den **orientalischen Hyacinth**, der violette den **orientalischen Amethyst**, der wasserhelle, diamantähnliche den **Leukosaphir** oder **weißen Saphir**. Als **Sternsaphir**, **Asterie** oder **Sternkorund** bezeichnet man durchscheinende, verschieden gefärbte Korunde, die bei lebhafter Beleuchtung im Innern einen sechsstrahligen Lichtstern zeigen, und **orientalischer Girasol** oder **Sonnenstein** werden verschieden gefärbte Korunde genannt, die auf der konvex geschliffenen Seite eigentümlich helle Lichtschimmer erblitzen lassen.

Nach dem Diamant und Korund folgt als dritter der **Chrysoberyll**, mit der Härte 8,5 und dem spezifischen Gewichte 3,7. Er besteht aus Beryllerde und Thonerde ($BeO.Al_2O_3$) mit einem geringen Eisengehalte. Nur selten gelangen die rhombischen Kristalle dieses Edelsteines in den Handel, meist liegen uns nur Geschiebe vor, die am schönsten in Borneo, Ceylon und Brasilien gefunden werden (s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 4). Was man am Chrysoberyll am meisten schätzt, ist der schöne, wogende Lichtschein, den dieser Edelstein bei hellgrüner Färbung im Innern zeigt.

Vorwiegend rot gefärbt sind die Varietäten des **Spinells**, eines Edelsteines vom spezifischen Gewichte 3,5 bis 4,1 und dem Härtegrade 8. Der Spinell wird aus Thonerde und Bittererde ($MgO.Al_2O_3$) zusammengesetzt und nimmt kristallisiert meist die einfache Oktaederform an (s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 5). Der gewöhnliche und der schwarze Spinell (Pleonast) erscheinen da und dort als accessorische Bestandteile von kristallinischen Schiefern, der edle Spinell dagegen ist selten, und nur Ceylon, Ostindien, Pegu und Birma sind es,

die diesen Edelstein in größerer Menge in den Welthandel bringen. Die Juweliere unterscheiden nach den Farbennüancen den dunkelroten Rubinspinell, den kochenilleroten Almandinspinell, den gelblichroten Rubizell, den blauen Saphirin, den grünen Chlorospinell und den schwarzen, zu Trauerschmuck geeigneten Pleonast.

Der Topas bildet weingelbe, stängelige Kristalle von ausgeprägt rhombischer Form, unter Vorherrschen der Prismenflächen (s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 12, 8, bei S. 816). Die Härte ist 8, das spezifische Gewicht, wie beim Diamant, 3,5 bis 3,7. Die chemische Zusammensetzung ist komplizierter als bei den vorhergehenden Edelsteinen, es treten im Topas Kieselerde, Thonerde und Fluor nach der Formel: $5Al_2SiO_5+Al_2SiFl_{10}$ zu einer Verbindung zusammen. Früherer Zeit gehörte der Topas zu den geschätztesten Edelsteinen, gegenwärtig hat er teils durch reiche neuere Funde, teils durch die Konkurrenz mit der gelb gefärbten Varietät des Quarzes (Citrin, böhmischer Topas) viel an Wert verloren. Seine ursprüngliche Lagerstätte sind die kristallinischen Gesteine, Granit und Gneiß. Unter den europäischen Fundorten ist der hervorragendste der Schneckenstein bei Gottesberg in Sachsen, ein 80 Fuß hoher Felsen, der im Jahre 1737 entdeckt wurde und zahllose, bis 4 Zoll lange, blaßgelbe Topaskristalle enthielt. Nunmehr ist dieser berühmte und ehemals sehr wertvolle Felsen gänzlich abgebaut, und gegenwärtig sind es Brasilien und Sibirien, die uns hauptsächlich mit Topasen versehen.

Das nächste Glied in der Reihe der Edelsteine bildet der grün gefärbte Beryll. Die Erscheinungsform, welche der Beryll am häufigsten annimmt, ist die hexagonaler, säulenförmiger Kristalle. Die Härte dieses Edelsteines liegt zwischen 7,5 und 8, das spezifische Gewicht beträgt 2,67 bis 2,76. Seine chemischen Bestandteile sind Beryllerde, Thonerde und Kieselsäure ($3BeO.Al_2O_3.6SiO_2$). Der gemeine Beryll ist ein ziemlich häufiges accessorisches Begleitmineral der Granite, das man in Kristallen bis zu 30 Zentner Schwere angetroffen hat. Die als Edelsteine brauchbaren Varietäten, der intensiv grüne Smaragd (s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 9, 15) und der meergrüne Aquamarin oder edle Beryll (Fig. 7, 16), sind dagegen sehr selten.

Der Smaragd war der beliebteste Edelstein der Alten. Herodot erzählt, daß der berühmte Ring des Polykrates durch einen prächtigen Smaragd ausgezeichnet war, und Plinius nennt ihn den Edelstein, an dessen Farbe sich das Auge nicht satt sehen könne. Bei den Ägyptern diente der Smaragd auch zum Schmucke der Mumien. In Zabarah bei Kossеir am Roten Meere befinden sich Smaragdgruben, die nach einer daselbst entdeckten Hieroglypheninschrift schon 1650 v. Chr. in Betrieb standen. Auch das Mittelalter hielt den Smaragd hoch in Ehren und erzählte sich merkwürdige Dinge von seinen geheimen Kräften.

Ist dieser Standpunkt auch schon längst überwunden, so wissen wir doch auch heute noch nicht, wodurch das entzückende Grün des Smaragds verursacht wird. Die Mineralogen führen es auf eine spurenhafte Beimengung von Chromoxyd zurück, während Levy die Ursache derselben in organischer Substanz suchen zu müssen glaubt.

Den berühmtesten Fundort von Smaragd bilden die Gruben im Tunkathal in Kolumbien, die im Jahre 1555 entdeckt wurden. Der Smaragd tritt hier in versteinerungsreichem, bituminösem Kalksteine und schwarzem Thonschiefer auf in Begleitung von Calcit, Quarz und Pyrit. Die uralischen Smaragde von Takowaja bei Katharinenburg liegen dagegen im Glimmerschiefer, ebenso die kleinen Kristalle des Habachthals im Salzburgischen.

Als Aquamarin oder edlen Beryll bezeichnet man die durchsichtigen, säulenförmigen Kristalle von meergrüner, ins Hellbläuliche oder auch ins Gelbe verlaufender Farbe. Der Beryll ist viel häufiger als der Smaragd und viel weniger wertvoll. Die Alten benutzten ihn wegen seiner eingebildeten Augenheilkraft zu Augengläsern[1].

[1] Unsre Bezeichnung Brille für Augenglas rührt daher.

Zirkon. Der Zirkon oder Hyacinth ist ein tetragonal kristallisierendes Mineral mit dem Härtegrad 7,5 und dem spezifischen Gewichte 4,4 bis 4,7 und ist aus Kieselsäure und Zirkonerde nach der Formel $ZrO_2 . SiO_2$ zusammengesetzt. Rötlich oder bräunlich gefärbt, wird er durch Glühen farblos und kann dann leicht für Diamant ausgegeben werden. Im durchfallenden Lichte spielen im Innern eigentümliche Wellen, die ihn von allen andern Edelsteinen unterscheiden. Wie die meisten Edelsteine ist auch der Zirkon ein Begleitmineral der kristallinischen und vulkanischen Gesteine, in großen und schönen Exemplaren wird er aber nur selten gefunden.

Die bisher genannten Edelsteine pflegt man als Edelsteine ersten Ranges zu bezeichnen. Die nun folgenden sind häufiger, haben weniger bemerkenswerte Eigenschaften und stehen tiefer im Preise als die erstern. Man nennt sie deshalb Edelsteine zweiten Ranges.

Der bekannteste unter diesen ist der Granat. Seine chemische Zusammensetzung entspricht der Formel $3CaOAl_2O_33SiO_2$, nur können sowohl für die Kalkerde als die Thonerde andre gleichwertige Verbindungen als Ersatz eintreten. Die Härte und das spezifische Gewicht schwanken innerhalb weiter Grenzen, die erstere zwischen 6,5 und 7,5, das letztere zwischen 3,4 und 4,3. Es gehört demnach der Granat zu den in chemisch-physikalischer Beziehung variabelsten Mineralien, nur seine reguläre Kristallform ist bei allen Abarten dieselbe. Der Granat ist ein überaus häufiges Begleitmineral der kristallinischen Schiefer, namentlich des Glimmerschiefers. Außerdem tritt er in Serpentin, in körnigen Kalksteinen am Kontakte der letztern mit Eruptivgesteinen und in diesen selbst auf.

Zu Edelsteinen verarbeitet man hauptsächlich folgende Abarten: den honiggelben oder hyacinthroten Hessonit oder Kaneelstein (s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 19, bei S. 816), den kirschroten Almandin und den feurig blutroten Pyrop, den Carbunculus oder Karfunkel der Alten (ebendaselbst, Fig. 6). Am häufigsten wird der Pyrop oder böhmische Granat als Edelstein benutzt. Im Gegensatze zu den übrigen Granatvarietäten bildet der Pyrop nur äußerst selten deutliche Kristalle, meist erscheint er in Form gerundeter Körner, die in Serpentin eingewachsen sind, er wird aber auch auf zweiter Lagerstätte lose in Flußanschwemmungen gefunden. Der schwarze, in vulkanischem Gesteine eingeschlossene Melanit wird in untergeordnetem Maße zu Trauerschmuck verschliffen.

Turmalin. Der Turmalin übertrifft an Reichtum der Kristallform und Mannigfaltigkeit der chemischen Zusammensetzung selbst den vielgestaltigen Granat. Nebst Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxyd, Talkerde und Borsäure beteiligen sich Kalk, Natron, Kali, Lithion, Mangan und Fluor, also zwölf Stoffe, an seiner Zusammensetzung. Er kristallisiert im hexagonal-rhomboedrischen Systeme, die Enden der prismatisch gestreckten Kristalle haben die Eigentümlichkeit, verschiedenflächig entwickelt zu sein. Erwärmt man einen solchen Kristall, so zeigt er auf dem einen Ende positive, am andern negative Elektrizität. Auf seine elektrischen Eigenschaften bezieht sich der alte Name Aschenzieher. Auch in der Geschichte der Optik spielte er eine große Rolle, da dünne Platten davon zuerst als Polarisationsinstrument verwendet wurden. Das spezifische Gewicht des Turmalins beträgt 2,94 bis 3,24, die Härte 7 bis 7,5.

Der Turmalin ist ein Begleiter des Granites und der kristallinischen Schiefer. In der gewöhnlichen Form als gemeiner Turmalin oder Schörl ist er schwarz und undurchsichtig und findet keine Verwendung als Schmuckstein, der durchsichtige und verschiedenartig gefärbte edle Turmalin dagegen wird hochgeschätzt. Die rote Varietät (s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 13) kommt als Siberit oder Rubellit in den Handel und kann mit Rubin verwechselt werden, die blaue wird Indikolith oder brasilischer Saphir, die grüne brasilischer Smaragd genannt.

Der Chrysolith (edler Olivin, Peridot, s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 2, S. 816) ist ein Edelstein von goldig-grüner, durchsichtiger Farbe. Die chemische Zusammensetzung entspricht einer Mischung von Mg_2SiO_4 und Fe_2SiO_4. Die Härte ist 6,5 bis 7. Die Gestalt der rhombischen Kristalle ist kurz säulenförmig oder dicktafelig. Der Chrysolith oder Olivin zeigt mehrere Varietäten, aber nur die durchsichtigen, losen Kristalle, die aus Natolien, Oberägypten, Brasilien, Pegu und Ceylon in den Handel gelangen, geben schöne Edelsteine ab, die höher geschätzt würden, wenn sie nicht so leicht der Abnutzung der Politur durch den Gebrauch unterlägen.

Türkis oder Kalait. Die schöne, bei keinem andern Edelsteine wiederkehrende, himmelblaue Färbung verleiht dem Türkis, der undurchsichtig ist und nur den sechsten Härtegrad aufweist, Beliebtheit und Wert. Der Türkis ist ein wasserhaltiges Thonerdephosphat mit einer geringen Beimengung von Eisen- und Kupferverbindungen. Niemals bildet er Kristalle, sondern erscheint nur in dichten Partien, welche in Kieselschiefer und andern Gesteinen eingesprengt sind (s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 23). Medsched bei Herat und Nischapur in Persien sind die wichtigsten Fundorte dieses Steines.

Der Türkis hat an Wert bedeutend eingebüßt, seitdem man ihn künstlich erzeugt und überdies ein natürliches Produkt kennen gelernt hat, das zwar seiner Substanz nach vom echten Türkis vollkommen verschieden, aber äußerlich davon nicht zu unterscheiden ist. Es ist dies das zuweilen blau gefärbte Elfenbein eiszeitlicher Elefanten Sibiriens, welches man zum Unterschiede vom Mineraltürkis Beintürkis zu nennen pflegt.

Zu den Edelsteinen zweiten Ranges rechnet man noch den edlen Opal, obwohl er zu der im allgemeinen minderwertigen Gruppe der Kieselsäuremineralien gehört. Der edle Opal verdient mit Recht diese höhere Schätzung, denn er zeigt bei milchweißer Grundfarbe ein schönes, in den Regenbogenfarben schimmerndes Farbenspiel (s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 1). Dieses „Opalisieren" genannte Farbenspiel rührt wahrscheinlich von zahllosen feinen mikroskopischen Rissen her, welche seine ganze Masse durchsetzen. Die edlen Opale des Altertumes kamen aus Indien; in der Gegenwart wird fast nur der Fundort Czerwenitza in Oberungarn ausgebeutet, wo dieser Edelstein gewisse Teile eines zersetzten Trachyts durchzieht. Der größte bekannte Edelopal ist über 4 Zoll lang und 2½ Zoll dick und befindet sich im k. k. Hofmuseum in Wien.

Außer den besprochenen werden noch mehrere andre Mineralien, wenn sie in besonders schönen Exemplaren vorliegen, gelegentlich als Edelsteine verschliffen, wie der blaue Cordierit, der blaugrüne Euklas, der wasserhelle Phenakit, der grün bis braun gefärbte Vesuvian, der blaue Cyanit oder Disthen, der Staurolith, der Andalusit und der pistazien- oder olivengrüne Pistazit oder Epidot. Da die Verwendung dieser Mineralien eine sehr beschränkte ist, wird die einfache Aufzählung derselben genügen.

Halbedelsteine. Als Halbedelsteine faßt man eine Reihe von Schmucksteinen zusammen, die ihres häufigern Vorkommens und weniger prächtigen Aussehens wegen minder hoch geschätzt werden als die eigentlichen Edelsteine im engern Sinne. Mineralogisch genommen gehört der größte Teil der Halbedelsteine in die formenreiche Familie des Quarzes und des Opals, d. h. der wasserfreien und wasserhaltigen Kieselsäure.

Die wasserfreie Kieselsäure zeigt in der Natur als Quarz eine ausgesprochene Neigung zur Kristallform. Häufig begegnet man den hexagonal-rhomboedrischen Kristallen des Quarzes, die gewöhnlich das sechsseitige Prisma, verbunden mit der sechsseitigen Pyramide, entwickelt zeigen. Der Quarz repräsentiert den siebenten Härtegrad, sein spezifisches Gewicht bewegt sich zwischen 2,5 und 2,8. Unter den zahlreichen Abarten des Quarzes ist der reine, wasserhelle, farblose Bergkristall die am meisten typische.

Der **Bergkristall** war ehedem angesehener als heute. Man erzeugte daraus Trinkbecher und allerlei Luxusgefäße, während er heute hauptsächlich zu optischen Zwecken, zu Brillen, Normalgewichten und dergleichen verwendet wird. Die Römer und Griechen trieben einen großen Luxus mit Trinkgefäßen aus Bergkristall, den sie „Krystallos" nannten und für wirkliches, hochgradig erstarrtes Eis hielten, da man ihn von den mit ewigem Schnee bedeckten Gipfeln der Alpen beibrachte. Auch heute noch bilden die Schweizer Zentralalpen eine Fundstätte für Bergkristall. In den kristallinischen Schiefern derselben kommen Hohlräume und Klüfte vor, sogenannte Kristallkeller, die ganz mit Kristallen ausgekleidet sind. Wegen ihrer unzugänglichen Lage im Hochgebirge können diese Bergkristalle nur mit Lebensgefahr aus ihren Verstecken hervorgeholt werden. Ein solcher im Jahre 1735 ausgebeuteter Kristallkeller im Zinkenstocke im Berner Oberlande enthielt Kristalle im Gewichte von 1000 Zentnern. Die größten Kristalle von 8 m im Umfange hat man in Madagaskar gefunden.

Manche Bergkristalle zeigen eine rauchbraune Färbung, während andre infolge ihrer weingelben, goldigschimmernden Farbe Ähnlichkeit mit dem echten Topas erhalten und daher **Topasquarz, Citrin** oder **böhmischer Topas** genannt werden. Beide Varietäten verarbeitet man zu allerhand kleinen Geräten und Schmucksachen. Die wichtigste und schönste Quarzvarietät bildet der violette **Amethyst** (s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 21, S. 816), der von den Alten ebenso hoch geschätzt wurde wie der Saphir. Seine Name bedeutet zu deutsch „nicht trunken", die Griechen meinten nämlich, daß er seinen Träger vor Trunkenheit schütze. Der Amethyst ist auch heute noch recht beliebt, seit man ihn aber aus Brasilien zu Tausenden von Zentnern nach Europa bringt, hat er sehr an Wert verloren. Der Amethyst hat bei Tageslicht viel Ähnlichkeit mit einer gleichgefärbten Korundvarietät, bei künstlicher Beleuchtung tritt aber ein lebhafter Farbenunterschied hervor, während der Korund in schönem Violettrote erglänzt, sieht der Quarzamethyst blaß und fast grau aus.

Vom gemeinen, unburchsichtigen Quarze werden ebenfalls einige schön gefärbte Varietäten als Schmucksteine verwertet, so der rosenrote **Rosenquarz**, der lauchgrüne **Prasem**, der **Avanturin**, das **Quarzkatzenauge** und der **Jaspis**. Der gelbe, rote oder braune Avanturin enthält Glimmerschüppchen oder zeigt feine Risse, die wie goldige Punkte hindurchschimmern. Er wird gegenwärtig auch künstlich nachgeahmt. Das Katzenauge hat seinen Namen von den an das Auge der Katze erinnernden Lichtreflexen, die durch die Einlagerung von zahllosen parallelen Amianthfasern in Quarz entstehen und durch den mugeligen Schliff gut hervortreten. Der Jaspis endlich ist ein hornsteinartiger Quarz, welcher durch Metalloxyde, namentlich Eisenoxyd, rot, braun, gelb oder grün gefärbt ist. Er ist zuweilen bänderartig gestreift.

Eine zweite Gruppe von aus wasserfreier Kieselsäure bestehenden Mineralien faßt man unter der Spezies **Chalcedon** zusammen. Der Chalcedon bildet keine Kristalle wie der Quarz, sondern erscheint in dichten, wachsartigen, oft mit Faserung versehenen Massen, die bei freier Entwickelung eine traubige oder nierenförmige Oberfläche annehmen. Glatte Flächen sind glas- bis fettglänzend, das Innere ist mehr oder weniger trübe. Man unterscheidet nach der Färbung den apfelgrünen **Chrysopras**, den gelblichroten **Karneol**, den pomeranzenfarbigen **Sarder**, das lauch- bis berggrüne **Plasma**, den grünen, rot punktierten **Heliotrop**. Eine wichtige und sehr beliebte Varietät stellt der **Achat** (s. die Tafel „Edelsteine", Fig. 22) dar, der meist in kugelförmigen Stücken, sogenannten Achatmandeln, vorkommt, die sich als nachträgliche Ausfüllung rundlicher, blasenförmiger Hohlräume von vulkanischen Gesteinen gebildet haben. Sie zeigen meist einen regelmäßigen, schichtenweisen Aufbau, und beim Anschleifen derselben bemerkt man leicht den schmalen, von außen nach innen führenden Kanal, der zur Zufuhr der Kieselsäurelösung gedient hat.

Mitunter ist der innerste Raum mit Calcit, Quarz oder Amethystkristallen dicht angefüllt, oder er enthält Wasser, wie bei den sogenannten Enhydros von Uruguay. Man unterscheidet beim Achate, den man zu allerhand kleinen Geräten, Reibschalen und Schmucksachen benutzt, mehrere untergeordnete Varietäten, als Bandachat, Festungsachat, Trümmerachat, Wolkenachat, Punktachat und dergleichen, je nach der Art der Punktierung, Zeichnung und Streifung. Als Moosachat oder Mokkastein bezeichnet man solche Steine, die durch eingelagerte Chloritkörnchen im Innern eine moosartige Zeichnung erkennen lassen.

Häufig haben die Achate schon von Natur aus eine lebhafte Färbung, wenn diese aber nicht ausreicht, so kann man auf künstlichem Wege nachhelfen. Die Kieselsäure der Achatmandeln ist nämlich ziemlich porös und kann daher von Farblösungen allmählich durchdrungen werden. Dies Verfahren der künstlichen Färbung der Achate war schon den alten Römern bekannt, welche namentlich die schwarz, braun und weiß gebänderten, Onyx genannten Achate liebten. Die alten Künstler entwickelten in der Verarbeitung dieser Onyxe zu Gemmen und Kameen eine bewunderungswürdige Geschicklichkeit, namentlich verstanden sie es vortrefflich, die Verschiedenfarbigkeit auszunutzen, indem sie die helle Schicht zur Darstellung der eigentlichen Figur, die mittlere bräunliche für die Gewandung, die schwarze, unterste Lage als Hintergrund verwendeten.

Gegenwärtig wird die Achatindustrie am schwunghaftesten in den Städtchen Oberstein und Idar im Fürstentume Birkenfeld betrieben. Veranlassung dazu boten die daselbst recht häufig vorkommenden, in Melaphyr eingeschlossenen Achatmandeln, die indes schon seit längerer Zeit nicht mehr gewonnen werden, seit es sich als lohnender erwiesen hat, die schönen Achate zu verarbeiten, die in großer Menge aus Brasilien und Uruguay eingeführt werden.

Die dritte Gruppe von Kieselsäuremineralien bilden die Varietäten des Opals. Der Opal ist ein amorpher Körper, dessen freie Oberfläche eine traubige oder knollige Form besitzt. Er besteht aus wasserhaltiger Kieselsäure und hat die Härte von 5,5 bis 6,5, das spezifische Gewicht von 1,9 bis 2,3. Durch allmähliches Eintrocknen von Kieselsäuregallerte kann man ihn künstlich darstellen. Neben dem bereits bei den Edelsteinen zweiten Ranges besprochenen Edelopal dient als Schmuckstein hauptsächlich der Feueropal, dessen schöne hyacinthrote Farbe, verbunden mit irisierendem Farbenspiele, ihn mit dem Edelopale wetteifern läßt. Villa Secca bei Zimapan in Mexiko und Telkibanya bilden die Hauptfundorte von Feueropal. Vom gemeinen Opal bedient man sich zu Schmuckgegenständen nur der reinsten und farbenschönsten Stücke. Man unterscheidet den weißen Milchopal, den gelben Wachsopal und den apfelgrünen Prasopal. Auch der undurchsichtig braune Jaspopal oder Opaljaspis wird zuweilen berücksichtigt.

Weitere Halbedelsteine stammen aus der weitverbreiteten Familie des Feldspates. Die Mineralogen zerlegen die Feldspate nach der chemischen Zusammensetzung und der Kristallgestalt in mehrere Spezies, von denen hier nur drei, der Adular, Mikroklin und Labradorit, zu erwähnen sind. Der Adular oder Kalifeldspat zeigt in manchen durchsichtigen Exemplaren muschelig geschliffen im Innern einen wogenden bläulichen oder rötlichen Lichtschein, welcher zur Bezeichnung Mond-, beziehentlich Sonnenstein Anlaß gegeben hat. Auch der Labradorit oder Kalk-Natron-Feldspat erhält durch eine optische Erscheinung seinen Wert als Schmuckstein. Er zeigt nämlich ein prächtiges Farbenspiel, welches dem Farbenwandel im Auge der Pfauenfedern ähnlich ist. Seine Entdeckung erfolgte im Jahre 1775 auf St. Paul an der Küste von Labrador, seither ist er auch in Ingermanland, Finnland, bei Kiew &c. gefunden worden. Vom Mikroklin benutzt man die spangrüne, Amazonenstein genannte Abart.

Der Lasurstein zeichnet sich durch schöne, tiefblaue Färbung aus, da er aber selbst geschliffen und poliert nur wenig Glanz annimmt, so verarbeitet man ihn zu Mosaikarbeiten

und kleinern Schmuckgegenständen. Seine chemischen Bestandteile sind im wesentlichen kieselsaure Thonerde verbunden mit schwefelsaurem Kalk und Natron. Am häufigsten erscheint er in Form dichter Massen, die von winzigen gelben Schwefelkristallen durchsetzt sind.

Bernstein. Dieser populäre Schmuckstein ist ebenso bemerkenswert durch sein eigentümliches geologisches Vorkommen und seine physikalischen Eigenschaften wie durch die Rolle, welche er in der Geschichte der alten Kulturvölker gespielt hat. Er besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff ungefähr im Verhältnisse von 40 : 64 : 4, hat den Härtegrad 2—2,5 und das spezifische Gewicht 1,08. Durch Reiben erhält er Elektrizität und entwickelt dabei einen angenehmen Geruch. Bei höherer Temperatur verbrennt er unter heller, schwach rußender Flamme[1].

Das hauptsächlichste Herkunftsgebiet des Bernsteines bilden die Küstenstriche der Nord- und Ostsee. Von dorther brachten phönikische Händler den Bernstein in den frühsten Zeiten auf verschiedenerlei Wegen zu den Griechen und Römern, die ihn wegen seines gefälligen Aussehens und wegen seiner merkwürdigen Eigenschaften hoch bewerteten und ihn mit einem förmlichen Kranze von Märchen und poetischen Verklärungen umgaben. Die Naturforscher der spätern römischen und griechischen Zeit hatten trotzdem die wahre Natur des Bernsteines wohl erkannt, obwohl sie über Edelsteine sonst die sonderbarsten mystischen Anschauungen nicht aufgegeben hatten. So erklärte ihn **Plinius** mit **Aristoteles** und manchem andern für natürliches, erhärtetes Baumharz, und damit war jene Deutung gegeben, welche auch die vorgeschrittene Naturwissenschaft von heute vertritt.

Man weiß gegenwärtig, daß hauptsächlich die Konifere Peuce succinifera *Göpp.* das Harz geliefert hat, durch dessen Fossilisation der Bernstein im Samlande zur Oligocänzeit entstanden ist. Hier tritt an der steilen Nord- und Westküste das braunkohlenführende Mitteloligocän in einer Mächtigkeit von ungefähr 27 m zu Tage, und darunter liegt eine vorwiegend sandige Bildung, welche eine 1,26—6,28 m mächtige bläulich gefärbte, sandig-thonige Schicht, die sogenannte „blaue Erde“, enthält. Die blaue Erde bildet nun die eigentliche, ursprüngliche Lagerstätte des Bernsteines, welchen sie in reichlicher Menge mit Haifischzähnen, Meereskonchylien, Holzstücken und andern organischen Resten gemengt einschließt. Wie sich aus diesen Einschlüssen ergibt, ist die blaue Erde eine Meeresbildung, in welche der Bernstein samt den Holzresten eingeschwemmt wurde. Die eigentliche Bildung des Bernsteines und das Bestehen der Bernsteinwälder muß demnach in eine der Bildung der blauen Erde vorausgängige Epoche des Alttertiärs verlegt werden. Nach **v. Dechen** dehnt sich im Samlande die blaue Erde mindestens unter einer Oberfläche von 340 qkm aus, die darin enthaltenen Bernsteinvorräte können daher nach unserm Maßstabe für geradezu unerschöpflich gelten.

Die blaue Erde gelangt knapp oberhalb des Meeresspiegels oder unter demselben zum Ausstreichen; an Stellen, wo das letztere stattfindet, lösen die den Boden aufwühlenden Fluten den Bernstein aus seiner Lagerstätte. Der Bernstein wird nun vermöge seines geringen Eigengewichtes (1,065—1,081) von den Wogen getragen, in flottierende Tangmassen eingehüllt und weit nach Westen hin verschleppt, wo er schließlich am Strande ausgeworfen wird. So wie sich dieser Vorgang in der Gegenwart abspielt, so ging er auch vielfach in den frühern Perioden vor sich, wir finden daher den Bernstein sowohl in der mitteloligocänen Braunkohlenbildung als auch im Diluvium und Alluvium der benachbarten Küstengegenden auf zweiter, dritter, vierter, fünfter und selbst sechster Lagerstätte, wie **Meyn** gezeigt hat. Die Gewinnung des Bernsteines erfolgt im einfachsten Falle durch Auflammeln am Strande während der Ebbe oder durch Fischen und Schöpfen in Netzen

[1] Davon ist sein Name abzuleiten, börnen = brennen.

bei hereinbrechender Flut. Bei klarer See wendet man das sogenannte Bernsteinstechen an, indem man auf Boten ausfährt, den Bernstein am Boden erspäht und mit geeigneten Werkzeugen hervorzieht. Ferner bedient man sich neuerlich der Taucherarbeit, während das sogenannte Bernsteinreiten nur noch selten zur Ausführung kommt. Dampfbaggerei im großen Maßstabe wird nur bei Schwarzenort im Kurischen Haff, da aber mit Erfolg betrieben. Überdies gewinnt man den Bernstein am Ausstreichen der blauen Erde an der samländischen Küste durch Grabung und endlich noch durch bergmännische Arbeiten. Die Menge des alljährlich in Preußen gewonnen Bernsteines beträgt ungefähr 200,000 Pfund im Werte von etwa 3 Millionen Mark.

In Europa ist der Bernstein gegenwärtig als Schmuckstein nicht besonders hochgeschätzt, er ist unmodern geworden, während er im klassischen Altertume so sehr beliebt und gewürdigt war. Dagegen findet er einen sehr lebhaften Absatz in der Türkei, Ägypten, Persien, Japan, China und den Südseeinseln. Außer den Küstenstrichen der Ost- und Nordsee haben noch manche andre Gebiete namentlich aus Kreide- und Tertiärschichten Bernstein geliefert, doch nur in ganz unbeträchtlichen Mengen. Praktische Verwertung findet wohl nur der sizilische Bernstein, welcher im Miocän vorkommt und von den Flüssen, namentlich dem Salso und der Giaretta, ferner am Ufer des Meeres bei Catania ausgewaschen wird. Er zeichnet sich durch seine prächtige rote, blaue, grüne Färbung und schöne bläuliche Fluoreszenz aus, ist jedoch zu selten, um als Handelsartikel ins Gewicht zu fallen. Schwarzen Bernstein findet man im rumänischen Tertiär.

Außer zu Schmucksachen und kleinern Geräten dient der Bernstein noch zur Bereitung der Bernsteinsäure, des Bernsteinlackes und zur Darstellung von Räucherware.

Außer dem Bernsteine stammt noch ein zweiter Schmuckstein ursprünglich aus dem Pflanzenreiche. Es ist dies der Gagat oder Jet, dessen bereits bei Besprechung der Kohle Erwähnung geschehen ist. Man bedient sich dieser mattglänzenden, politurfähigen Kohlensorte zur Herstellung von Trauerschmuck. Die Beliebtheit, welche der Gagat in kurzer Zeit gewonnen hat, veranlaßte, daß man auch zur Kännelkohle gegriffen und Nachahmungen aus Glas und Hartgummi hergestellt hat, die zwar viel billiger sind als echter Gagat, aber die Schönheit desselben kaum erreichen.

Materialien der Bildhauerei und Ornamentsteine.

Das edelste und vollkommenste Material der Bildhauerei ist der Marmor. Unter der Bezeichung Marmor begreift der Mineralog jeden Kalkstein, der aus kristallinischen Kalkspatkörnern besteht; sind dagegen mit freiem Auge einzelne Kalkspatindividuen nicht erkennbar, so spricht er von dichtem Kalksteine. Diese Unterscheidung ist jedoch eine sehr grobe und nicht streng durchführbare, denn untersucht man einen sogenannten dichten Kalkstein im Dünnschliffe unter dem Mikroskope, so erweist es sich, daß auch der dichte Kalkstein aus Calcitkörnchen besteht, nur sind sie von mikroskopischer Größe. Überdies finden von den mikrokristallinischen, dichten Kalken zu den großkristallinischen Kalken alle Übergänge statt. Geht man vom technischen Gesichtspunkte aus, so ist zunächst die Politurfähigkeit entscheidend. Diese hängt vom kristallinischen Gefüge ab, und da dieses auch bei den dichten Kalken vorhanden ist, so nehmen auch diese, wofern sie nicht zu viel thonige Bestandteile enthalten, Politur an und können daher mit Recht als Marmor angesprochen werden. Häufig erweitert man übrigens in der Praxis den Begriff Marmor in unbegründeter Weise, indem man ihn auch auf Serpentinbreccien oder organogene Gesteine ausdehnt, wenn sie nur eine ähnliche Verwendung wie der Marmor gestatten und poliert ein gefälliges Aussehen besitzen.

Wie schon im vorhergehenden bemerkt wurde, ist der grobkörnige Kalk durch Metamorphose aus dichtem Kalke hervorgegangen. Häufig erscheint er im kristallinischen Schiefergebirge eingelagert, er wird von Gneiß und Glimmerschiefer umgeben und geht in letztere unter Bildung von Cipolin und Kalkglimmerschiefer über. Da, wo dichte Kalke von Eruptivgesteinen durchbrochen werden, erfahren die erstern ebenfalls häufig eine Umwandlung in Marmor, und dieselbe Wirkung kann da zu Tage treten, wo infolge der Gebirgsbildung mächtige Druckwirkungen frei wurden, wie an der Grenze von Gneiß und Kalk im Berner Oberlande.

Nirgends treten uns die metamorphischen Erscheinungen in großartigern Zügen entgegen als in der altklassischen Heimat des Marmors, in Griechenland und Italien. In Griechenland erscheinen die Marmore namentlich im Osten des Landes und auf den Cykladischen Inseln. Mächtige, oft wohlgeschichtete Einlagerungen im kristallinischen Schiefer bildend oder auf diesen aufruhend, werden sie von vielen Geologen als metamorphosierte Kalke der Kreideformation angesprochen. Die erste Stelle räumte man im Altertume dem Marmor der Insel Paros ein, man schätzte ihn als Statuenmarmor namentlich wegen seines gleichmäßig feinen Kornes und seines warmen, gelblichen Tones. Heute bricht man auf Paros einen ziemlich grobkörnigen Marmor, der einen kalt anmutenden Stich ins Bläuliche besitzt und daher als Bildhauermarmor nicht zu empfehlen ist. Nächst dem parischen war im Altertume namentlich der pentelische Marmor mit seinem goldschimmernden Tone berühmt. Er lieferte das Material zu den Propyläen, den Bauwerken der Akropolis, dem Theseion, dem Tempel des Zeus Olympios. Neben dem parischen und pentelischen verwendeten die Griechen auch den Marmor des Hymettos, des Lauriongebirges und der Inseln Skiathos, Andros, Naxos, Tenos und Euböa. Von der letztern Insel stammt der karystische Marmor, ein von grünlichen Adern durchzogener Stein, der besonders bei den Römern sehr viel Anklang fand.

In Italien kam der jetzt so hochberühmte Marmor von Carrara in den Apuanischen Alpen erst zur römischen Kaiserzeit in Aufnahme. Aus diesem herrlichen Material gefertigt ist zum Beispiel der Apollo vom Belvedere und auch der größte Teil der plastischen Meisterwerke, die seit dem Wiederaufleben der Skulptur geschaffen wurden, wie die Werke Thorwaldsens. Der pittoreske, geologisch hochkomplizierte Gebirgszug der Apuanischen Alpen bildet einen Teil der Catena metallifera, die sich aus der Gegend von Spezzia am toscanischen Strande in südsüdöstlicher Richtung gegen das römische Gebiet hinzieht. Innerhalb der Apuanischen Alpen treten die marmorführenden Schichten, denen man triadisches Alter zuschreibt, in einer Länge von 9 bis 10, einer Breite von 3 bis 4 km auf und bestehen aus drei Gruppen. Die oberste ist eine Wechsellagerung von Cipolin, glimmerreichem Sandsteine, mit kleinen Marmorlinsen und Kalken mit Krinoiden und kleinen Ammoniten, dann folgt der eigentliche Marmor und kristallinischer Dolomit, ungefähr 1000 m mächtig, und endlich graue, kompakte oder breccienförmige, zuweilen fossilienführende Kalke (grezzoni).

Unter den karrarischen Marmoren unterscheidet man im allgemeinen zwei Gruppen, die hellen Sorten bilden den Chiaro, die dunkeln den Bardiglio. Unter den hellen ist die kostbarste Sorte der Statuario, der eigentliche Statuenmarmor, welcher durch sein zuckerkörniges, gleichmäßiges Gefüge, blendende Weiße, unvergleichliche Politurfähigkeit, lebhaften wachsartigen Glanz und mäßige Härte das unerreichte Ideal der Statuenmarmore bildet. Der echte Statuario ist auch in Carrara ein kostbares Material, er kommt nämlich in höchster Reinheit nur in einzelnen Linsen vor, welche von weniger reinem, fleckigem, Pyrit und Quarzkristalle enthaltendem Marmor umgeben werden, und beteiligt sich daher nur mit etwa 5 Prozent an der Gesamtproduktion von Carrara.

Die Hauptmasse des gewöhnlichen Bildhauermaterials liefert der Bianco chiaro, welch
ein gröberes Korn besitzt und nicht so schön weiß ist wie der Statuario, aber den Einflüsse
der Witterung besser Widerstand leistet. Die grau gestreiften und geaderten Sorten, d
meist nur zu Tafeln, Säulen, Platten, Kaminen und dergleichen verwendet werden, gehe
über in die dunkeln Sorten des Bardiglio. Großer Beliebtheit erfreuen sich der bunte
Farben wegen die Marmorbreccien, so der pfirsichfarbene bis violette Mischio di Serra
vezza, der weiße, mit gelben, braunen und schwarzen Adern durchflammte Pavonazzo

Der Hauptsitz der apuanischen Marmorindustrie ist Carrara, seit 1836 ist auch Mas
di Carrara und etwas später Serravezza hinzugetreten. Manche Steinbrüche datieren no

Marmorbrüche von Carrara.

aus der Römerzeit. Infolge des vieljährigen Betriebes sammeln sich in den Steinbrüc
riesige Schutthalden an, die oft zum Verlassen eines Bruches zwingen, auch wenn
Marmorreichtum noch nicht erschöpft ist (s. obenstehende Abbildung). Mehr als 2
Jahre dauert schon die Marmorgewinnung bei Carrara, und doch sind die natürlic
Vorräte von diesem herrlichen Materiale noch sehr weit entfernt davon, merklich verring
zu sein. An den alten Produktionsstellen ist nur die Oberfläche angeritzt, und die un
gänglichern Partien tiefer im Gebirge sind vielfach noch ganz unberührt. Seit länge
Zeit ist die Gewinnung im steten Wachsen begriffen, und der Wert des jährlichen Expor
betrug in den letzten Jahren etwa 16 Millionen Frank.

Vollkristallinische Marmore von geringerm Werte bieten sich fast allenthalben dar,
das kristallinische Schiefergebirge eine größere Ausdehnung besitzt. Sie werden zumeist
ornamentale Zwecke verwendet, nur der Tiroler Marmor von Laas und Schlanders
Vintschgau ist in neuerer Zeit auch zu statuarischen Arbeiten in Aufnahme gekommen

Digitized by Google

image
not
available

lange Zeit nicht im stande, ihn in diesem Weltteile anstehend im Gebirge nachzuweisen. Es erhob sich nun die Frage, ob die Nephrite der prähistorischen Kulturstätten aus dem fernen Osten importiert oder eingehandelt oder in Europa selbst von seither verschollenen Fundstätten gewonnen wurden. In neuerer Zeit ist es doch gelungen, in Europa anstehenden Nephrit aufzufinden und zwar zu Jordansmühle in Oberschlesien, und es liegt nunmehr die Möglichkeit vor, daß auch in andern Gegenden ähnliche Funde glücken werden, welche die Annahme einer prähistorischen Einfuhr dieses merkwürdigen Minerales aus dem fernen Osten überflüssig machen werden.

Zu Mosaikarbeiten eignen sich neben manchen Halbedelsteinen in trefflicher Weise der grüne Malachit und die dichten oolitischen oder gestreiften kalkigen Absätze von Mineralquellen, die man als Erbsen- und Sprudelsteine zu bezeichnen pflegt. Der Malachit bildet ein prächtig grün gefärbtes, strahlig-schalig zusammengesetztes Mineral, welches aus wasserhaltigem Kupfercarbonat besteht und auf vielen Kupfererzlagerstätten vorkommt. Nirgends findet er sich in so großen, schönen und reinen Stücken vor wie im Ural, dessen reiche Kupferlagerstätten prachtvolles Material nicht nur für Mosaikarbeiten, sondern auch für Vasen, Schalen, Tischplatten und dergleichen liefern. Unter den Erbsensteinen ist wohl am bekanntesten der von Karlsbad, unter den faserig-schaligen, kalkigen Quellbildungen der sogenannte Onyxmarmor, fälschlich ägyptischer Alabaster genannt. Dieses prächtige, hellgelbliche Gestein war im Altertume sehr beliebt, in neuerer Zeit wurde es in Beni Suef und Siut in Ägypten wieder aufgefunden und die alten Brüche wurden wieder in Betrieb gesetzt. Ähnliche Onyxmarmore kommen auch von Oran und Mexiko.

Ebenso zahlreich wie die Materialien der Bildhauerei und Ornamentik sind die Gesteine, welche für die Monumentalarchitektur verwendet werden. Das vornehmste und wichtigste dieser Gesteine bildet der Granit. An Festigkeit, Tragfähigkeit, Wetterbeständigkeit und Politurfähigkeit steht er wohl unübertroffen da, und in Bezug auf die Schönheit der Farben und der Zeichnung kann er sich mit vielen andern Gesteinen messen. Zu Sockeln, Säulen, Obelisken, Portalen, Gedenktafeln und dergleichen verwendet man daher mit Vorliebe dieses Gestein wie auch den naheverwandten Syenit und Diorit. Durch lebhaft rote bis kastanienbraune Färbung zeichnen sich die Porphyre und Porphyrite aus, die namentlich im Altertume sehr geschätzt waren. Man verarbeitete den Porphyr, namentlich den Porfido rosso antico, der am Dschebel Dokhan in Ägypten gebrochen wurde, nicht nur zu Säulen und Sockeln, sondern auch zu großen Schalen von einigen Metern im Durchmesser, die noch heute unsre Bewunderung erregen. Auch gewisse Varietäten des jungeruptiven Trachyts können an Stelle des Granits und Porphyrs mit Erfolg in Anwendung gebracht werden.

Bausteine und Materialien des Bauwesens.

Wenn schon die Menge der Materialien der Bildhauerei und Monumentalarchitektur eine sehr große genannt werden muß, so ist die Reihe der Bausteine eine fast unbegrenzte. Denn jede Gebirgsart, die nur genügende Härte und Wetterfestigkeit besitzt und Stücke von erforderlicher Größe liefert, kann im allgemeinen als Baustein benutzt werden. Man wird also sowohl die sedimentären Gesteine als die kristallinischen Schiefer und die Massengesteine in die Kategorie der Bausteine einzureihen haben. Unter gewissen Verhältnissen können sogar solche Materialien als Bausteine dienen, die man gewöhnlich nicht als solche betrachtet. So baut man in den regenlosen Gegenden der Sahara Häuser aus Soda und Gips, in der regenarmen Saltrange in Ostindien aus Steinsalz. Hat man die Herstellung von Quadern und Werksteinen im Auge, so nimmt man auch auf die Formbarkeit Rücksicht.

und handelt es sich um architektonische Bauwerke, so fällt auch die Schönheit des Materiales in die Wagschale. Je nach der Verschiedenheit des Bauzweckes wird man daher den genannten Eigenschaften: Festigkeit, Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit, Formbarkeit und Schönheit, in verschiedenem Grade Rechnung zu tragen haben.

Nächst den Bausteinen kommen als Materialien des Bauwesens die Mörtel- oder Zementsubstanzen in Betracht. Gegenwärtig unterscheiden wir je nach dem Elemente, in welchem der Mörtel erhärten und seine Bindefähigkeit erweisen soll, Luft-, Wasser- und feuerfeste Mörtel. Als Grundlage für die Mörtelbereitung dient vorwiegend der kohlensaure Kalk, dann auch Dolomit, Magnesit und Gips. Enthält ein Kalkgestein auch Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd in gewissen Mengen, so eignet es sich zur Darstellung von hydraulischem oder Wassermörtel, Roman- oder Portland-Zement. Ist das notwendige Mischungsverhältnis von Kalk, Thonerde und Silikat nicht schon von Natur aus in einem Gesteine gegeben, so kann es durch Mengung mehrerer Gesteine künstlich erzielt werden.

Als mechanischen Zusatz zur Mörtelbereitung verwendet man verschiedene kieselige und thonerdehaltige Gesteine, namentlich vulkanischen Tuff und Sand. Zementmergel, die schon von Natur aus die richtige chemische Zusammensetzung haben, um gute hydraulische Mörtel abzugeben, sind ziemlich selten, die übrigen zur Mörtelbereitung notwendigen Rohmaterialien dagegen sind allgemein verbreitet.

Als Feuermörtel endlich bedient man sich gewisser Sorten von feuerfestem Thone, wie weiter unten noch näher besprochen werden wird.

Unter den Kunststeinen, die im Bauwesen eine hervorragende Rolle spielen, sind zunächst die Back- oder Ziegelsteine zu nennen. Den Rohstoff hierzu bildet der gemeine Töpferthon des Diluviums und der Tertiärformation. Thone älterer Formationen kommen hierzu nur ausnahmsweise in Betracht.

Eine zweite Gruppe von Kunststeinen hat die bindenden Eigenschaften des Asphalt-, Zement- und Gipsmörtels zur Grundlage. Asphalt dient, gemengt mit Sand und Kalkmehl, als wasserdichter Überzug von Wänden und Dächern, gemengt mit Steinchen und Sand bildet er ein treffliches Pflastermaterial. Durch Mengung von Steinbrocken mit hydraulischem Zement erhält man Beton, eine Masse, die zur Herstellung von Kunststeinen durch Guß befähigt ist. Man vermag auf diese Weise Steine von sehr bedeutender Größe und von beliebiger Form zu erzeugen.

Die Fähigkeit des Gipsmörtels, Politur anzunehmen, hat zur Stucco-Industrie und zur Erzeugung von Marmorsurrogaten geführt. Der künstliche oder Stuckmarmor besteht im wesentlichen aus 80 Teilen Alabaster- und 20 Teilen Kalkmörtel nebst einem Zusatze von Leim und Farbstoff. Dieser Masse teilt man je nach Bedarf und Wunsch kleine Marmorsteinchen mit und erhält so ein festes, politurfähiges Gebilde, das, gut ausgeführt, an Schönheit manchem natürlichen Marmor nicht nachsteht.

Zur Dachbedeckung taugen solche Gesteine, die mit Dünnplattigkeit hochgradige Festigkeit verbinden. Es sind dies die Dachschiefer, die namentlich den paläozoischen und archäischen Formationen angehören. Aus dem archäischen Gebirge stammen die sächsischen Dachschiefer, aus der Silurformation die Dachschiefer des Erzgebirges, des Fichtelgebirges, des Thüringer Waldes, der Ardennen, der Bretagne, aus der Devonformation die rheinischen und Harzer Dachschiefer, aus der Kulmstufe die mährisch-schlesischen. Die altberühmten englischen Dachschiefer bilden ein Glied der kambrischen Formation. Schiefer jüngerer Formationen haben nur ausnahmsweise jene Härte, welche für Dachschiefer unerläßlich ist, wie die eocänen Glarner Schiefer der Schweizer Alpen.

Beim Straßenbaue gebraucht man Gesteine teils als Beschüttungs- oder Schottermaterial, teils als Pflastermaterial. Beim erstern kommt es auf Härte und Unzersetzbarkeit durch

Atmosphärilien verbunden mit leichter Zerklüftung oder Zersplitterung an. Diese Eigenschaften finden sich vornehmlich bei kristallinischen Massengesteinen, aber auch bei manchen Sedimentärgesteinen, namentlich Kieselschiefer, Quarzit, Hornsteinfels, vor. Beschüttungsmaterial von geringerer Güte liefern die Kalk- und Sandsteine, Schiefer und Schotter.

Als Pflastersteine gebraucht man mit Vorteil harte, aber nicht splitterige, sondern womöglich kubisch brechende rauhe Gebirgsarten, während zu Trottoirplatten die mehr plattenförmig abgesonderten kristallinischen Schiefer oder harte, dünnbankig geschichtete Sedimentärgesteine, wie manche Sandsteine und schieferige Kalkgesteine geeignet erscheinen. Säulenförmig abgesonderte Gesteine, wie viele Basalte, geben natürliche Abweise-, Prell- und Geländersteine.

Mahl- und Schleifsteine, Poliermittel, lithographische Steine, Tafelschiefer.

Nur außerordentlich feste und harte Gesteine, die zugleich in großen Blöcken brechen, lassen die Verwendung als Mahlsteine zum Zerkleinern von Getreide, Ölfrüchten und Gips zu. Obwohl diese Vereinigung von Eigenschaften bei verschiedenen Gesteinen vorkommen kann, sind doch Mühlsteine, die nach jeder Richtung den gestellten Anforderungen entsprechen, nicht allzu häufig und bilden daher einen geschätzten Handelsartikel. Als Mühlsteinmaterial verwendet man teils Gesteine sedimentärer Entstehung, teils kristallinische Gesteine, wie den Granit im Harze, den Porphyr und Porphyrtuff aus Krawinkel in Thüringen, basaltische Lava aus Andernach, Niedermendig und Mayen (rheinische Mühlsteine), Lava vom Ätna, der Auvergne, Trachyte und Rhyolithe aus Hlinik bei Schemnitz in Ungarn. Unter den erstern sind namentlich manche poröse Süßwasserquarze der Tertiärformation hervorzuheben (sogenannte Burrsteine), wie die berühmten Mühlsteine von La Ferté sous Jouarre im Pariser Becken; vorzügliche Mühlsteine liefern auch viele Breccien und Puddingsteine, wie die diluviale und tertiäre Nagelfluh der Nordalpen, und häufig kommen auch Quarzite und Sandsteine, namentlich der paläozoischen Formationen, in Verwendung.

Harte und zugleich feinkörnige oder dichte Gesteine bieten das passende Material für Schleifsteine. Am häufigsten stehen hierzu feinkörnige Sandsteine, die in allen Formationen vorkommen können, in Gebrauch. Harte, dichte Gesteine von gleichförmig feinem Gefüge, wie gewisse Schiefer der paläozoischen und archäischen Formationen, oder die schieferigen Kieselkalke der Juraformation ergeben gute Wetzsteine.

Als Schleif- und Poliermittel dienen Gesteine von sehr großer, den Härtegrad 7 (Quarzhärte) erreichender oder, noch besser, übertreffender Härte, welche feinsandig oder staubförmig zerkleinert werden können, wie Quarzsand, Granat und Gemenge desselben mit Magnetit und namentlich der rohe Korund oder Schmirgel (Al_2O_3, Härtegrad 9). Der größte Teil des Schmirgels kommt von der griechischen Insel Naxos; im körnigen Kalke oder Marmor erscheinen daselbst die Schmirgelpartien nesterweise eingeschlossen und bestehen nicht aus reinem Korund, sondern einem von Glimmer durchwachsenen, innigen Gemenge von Korund und Magnetit. Außer Naxos sind auch einige andre griechische Inseln durch Schmirgelvorkommnisse ausgezeichnet, und auch aus Kleinasien gelangt Schmirgel in den Handel. Am Ochsenkopfe bei Schwarzenberg im Sächsischen Erzgebirge kommt Schmirgel auf einem Lager im Thon- und Glimmerschiefer, bei Eibenstock im Hornblendeschiefer vor. Zum Polieren und Schleifen des Diamantes und andrer Edelsteine dient das Diamantpulver oder Bort.

Ein bekanntes und vielfach benutztes Poliermittel bildet der Bimsstein von Lipari. Die beiden Berge Pilato und Chirica am Nordende der Insel bestehen ganz aus diesem eigentümlichen, schaumig erstarrten, vulkanischen Glase, von dem aber nur die reinen, von

ausgeschiedenen Kristallen ganz freien Stücke zum Glätten tauglich sind. Den Übergang von den härtern Poliermaterialien zu den feinern Glättungsmitteln stellt die Diatomeenerde, Kieselgur oder Tripel dar. Dies ist ein schneeweißes Pulver, welches aus lauter feinen, mikroskopischen Schälchen von Kieselalgen besteht und an manchen Orten mächtige Ablagerungen im Tertiär und im Diluvium zusammensetzt. Man kennt derartige Bildungen in der Lüneburger Heide, in Berlin, in Eger, Franzensbad und Bilin in Böhmen, bei Kassel, in Santafiore in Italien, Richmond in Virginia, Degernfors in Schweden ꝛc. Zu den weichern Glättungsmitteln gehören die Kreide, der Talk und Speckstein (Taufstein). Die beiden letztern Minerale, ihrer chemischen Natur nach wesentlich wasserhaltige Verbindungen von Bittererde und Kieselsäure, haben eine so hochgradige Mildheit, daß sie auch zur Verminderung der Reibung bei Maschinen benutzt werden.

Lithographischer Stein. Die Jurabildungen der Schwäbischen und Fränkischen Alb schließen mit der Schichtgruppe der Plattenkalke ab, die, durch ihren Reichtum an merkwürdigen Versteinerungen seit langem berühmt, zu einem besondern graphischen Verfahren, der Lithographie, Veranlassung gegeben haben. Nur gewisse Lagen der Plattenkalke, die durch ein überaus feines und vollkommen gleichmäßiges Korn ausgezeichnet sind, eignen sich zu lithographischen Steinen, die weniger gleichmäßig ausgebildeten Schichten können nur zu Dachplatten und Pflastersteinen benutzt werden, oder sind ganz wertlos. Das Verhältnis ist ein derartiges, daß nur ungefähr zwei Fünftel der Gesamtmasse der Plattenkalke technisch verwertbar sind, und davon entfällt nur ein Sechstel auf lithographische Steine. Die wichtigsten Brüche liegen in der Fränkischen Alb in Solnhofen, Langenaltheim, Mörnsheim und Mühlheim, in Württemberg in Nusplingen und Kolbingen.

Lithographische Steine geringerer Qualität kommen in geringerer Menge auch in andern Lokalitäten vor, wie in Cirin im Ainsdepartement und bei Verdun (Maasdepartement), bei Solothurn (Schweiz), in Portland (Südengland), bei Puerto Principe (Insel Cuba) und an mehreren Punkten Nordamerikas. Die ökonomisch-technische Bedeutung dieser Vorkommnisse ist jedoch eine ganz untergeordnete, der weitaus überwiegende Teil des Weltbedarfes an lithographischen Steinen wird von den Steinbrüchen der Fränkischen Alb gedeckt.

Gewisse Varietäten des Dachschiefers können auch als Tafelschiefer und zur Herstellung von Griffeln verwendet werden. Die darauf beruhende Industrie hat keine hervorragende Bedeutung, verdient aber immerhin erwähnt zu werden.

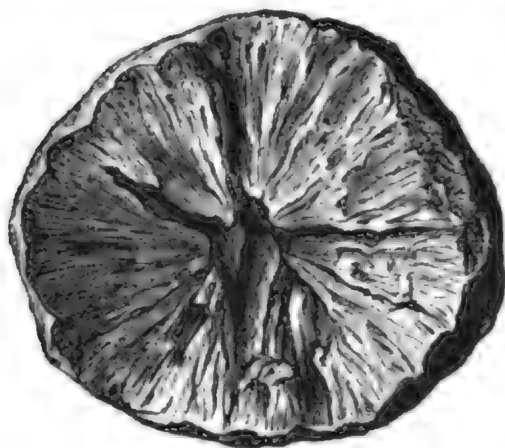
Mineralische Dungmittel.

Die Ackerkrume enthält nicht überall alle jene mineralischen Bestandteile in genügendem Maße, die für die Vegetation im allgemeinen oder für gewisse Pflanzen notwendig sind. Ferner kann auch ein ursprünglich fruchtbarer Boden erschöpft werden, wenn durch intensive, vieljährige Bewirtschaftung eine fortwährende Entnahme von Nährstoffen erfolgt. Diesem Mangel sucht man durch künstliche Zufuhr der fehlenden Mineralstoffe, durch Mineraldüngung, zu begegnen. Unter den Mineraldüngern findet keiner häufigere und allgemeinere Verwendung als der gebrannte Kalk, da er seiner weiten Verbreitung und Billigkeit wegen am allgemeinsten zugänglich ist. An Stelle von Kalkstein macht man je nach den örtlichen Verhältnissen wohl auch von Dolomit oder Mergel Gebrauch.

Beschränkter ist schon die Benutzung von wasserhaltigem und wasserfreiem Kalksulfat, Gips und Anhydrit, weil sich das Kalksulfat nur für gewisse Bodenarten und gewisse Pflanzen eignet und in geringerer Verbreitung vorkommt als der Kalkstein. Der Gips erscheint in der Natur unter ähnlichen geologischen Verhältnissen wie das Steinsalz, er

ist der stete Begleiter des letztern, kommt aber auch unabhängig vom Steinsalze vor. Für Deutschland haben namentlich jene zahlreichen Lager Bedeutung, welche sich in verschiedenen Horizonten der weitverbreiteten Trias- und der Dyasformation einstellen. Wie der Gips, können auch das Salz und die Abfälle von Salinen als Dungmittel benutzt werden. Eine viel wichtigere Rolle als Mineraldünger spielen jedoch die Kalisalze von Staßfurt, deren Vorkommen bei Besprechung des Salzes ausführlich beschrieben wurde. Als wirksamer Kalidünger findet ferner der vorwiegend aus Glaukonit bestehende, 6—7 Prozent Kali enthaltende Grünsand der Kreideformation im Staate New Jersey in Nordamerika ziemlich ausgedehnte Verwendung.

Eine fernere Gruppe von mineralischen Dungstoffen bilden die stickstoffhaltigen, wie Natronsalpeter und Ammoniak. Statt des erstern würde sich der Landwirt lieber des Kalisalpeters bedienen, da er dadurch zwei für den Boden höchst wichtige Stoffe gleichzeitig zuführen könnte, nämlich Kalium und Stickstoff, wenn nicht der hohe Preis des Kalisalpeters einer allgemeinern Anwendung desselben im Wege stünde. Der Natronsalpeter dagegen, welcher in Peru und Chile mächtige, weiter unten zu beschreibende Lager zusammensetzt, ist billig genug, um als Dungmittel dienen zu können. Die zur Mineraldüngung verwendeten Ammoniakverbindungen erhält man zumeist als Nebenprodukt der Gasfabrikation aus Braun- und Steinkohle.



Phosphoritknollen aus Podolien. (Nach Schwackhöfer.)

Die letzte Gruppe von Mineraldungstoffen umfaßt die Kalkphosphate, Phosphorite und Apatite. Sie sind dazu bestimmt, den Entgang an Phosphorsäure zu decken, welche namentlich durch die Körnerfrüchte dem Boden entzogen wird. In reiner Mineralform besteht der Apatit aus Kalkphosphat mit einem Chlor- und Fluorgehalte und kristallisiert in farblosen oder lichtgefärbten hexagonalen flächenreichen Säulen oder Tafeln. Gewöhnlich erscheint er aber als Phosphorit in dichten, faserigen oder körnigen Massen und enthält nicht selten Beimengungen andrer Verbindungen, wie von Kalkcarbonat (z. B. im Staffelit von Staffel bei Limburg a. d. Lahn). Der Phosphorit nimmt oft die Form von gerundeten, kugeligen oder nierenförmigen Knollen (s. obenstehende Abbildung), von Nuß- bis Faustgröße und darüber, an mit dichter oder strahliger Textur und grauer Färbung. Derartige Knollen kommen bald regellos im Gesteine zerstreut, bald lagenweise geordnet vor; in letzterm Falle sind sie zuweilen von Bruchstücken von Fisch- und Reptilknochen und Muschelschalen begleitet und können dann ihrer Entstehung nach mit Bestimmtheit auf ehemalige organische Substanz zurückgeführt werden. Häufig, aber keineswegs immer, stellen derartige Knollen nichts andres als Koprolithen, fossile Reste von Wirbeltierexkrementen, vor.

Phosphorite solcher Art beutet man schon seit längerer Zeit in den mittlern und obern Kreideetagen Englands aus, man kennt sie aus dem Lias von Nord- und Mitteleuropa, aus dem Fränkischen Jura, aus der mittlern und obern Kreide Nordfrankreichs, namentlich der Ardennen, aus der Kreide von Böhmen, aus dem Untersilur Kanadas, aus dem Eocän von Südcarolina, aus dem Silur von Russisch- und Österreichisch-Podolien. Im letztern Gebiete haben die Phosphorite nachherige Umlagerungen erfahren, sie wurden ausgewaschen und in jüngere, kretacische und diluviale Bildungen eingeschlossen.

Sehr ausgedehnt und reichhaltig sind die Phosphoritlagerstätten von Mittelrußland in den Gouvernements Kursk, Woronesh und Simbirsk. Nach Yermolow nehmen die

bisher als apatitführend erkannten Gebiete eine Fläche von 20 Millionen Hektar ein, und ihr Apatitgehalt würde hinreichen, um halb Europa mit einem Apatitpflaster zu versehen. Die phosphoritreichen Lagen schalten sich daselbst in den sandigen Schichten der obern Kreide ein, bestehen zur Hälfte aus Kalkphosphat mit etwas Kalkcarbonat und Fluorcalcium und werden von organischen Resten begleitet.

Ganz verschieden von diesen Lagerstätten sind die Phosphoritvorkommnisse im Wiesbadenschen und in Westfalen. Das erstere ist dadurch bemerkenswert, daß es an Eisen- und Manganerzlager geknüpft ist, die im devonischen Eifelkalke und Schalsteine aufsetzen. Der Phosphorit, welcher an vielen Orten lebhaft abgebaut wird, erscheint hier gemengt mit kohlensaurem und schwefelsaurem Kalke und Magnesia und zeigt Spuren von Jod und Brom (Staffelit). Das letztere Vorkommen gehört dem Steinkohlengebirge der Ruhrgegend an, wo 1—10 cm mächtige Lager eines eisenhaltigen Schieferthones auftreten, der einen Phosphorsäuregehalt von 12 bis 31 Prozent aufweist.

Wieder ein andres Bild bieten die Phosphoritablagerungen dar, welche auf dem jurassischen Kalkplateau von Quercy (Departements Lot, Tarn et Garonne, l'Aveyron) zerstreut aufgefunden wurden. Hier ist der Phosphorit bald in schmalen, gangförmigen Spalten, bald in Taschen eingelagert, welche bis zu 35 m Durchmesser besitzen und in unregelmäßiger Form in den jurassischen Kalkstein des Plateaus eingesenkt sind. Die Taschenausfüllungen enthalten überaus zahlreiche, wohlerhaltene Säugetierknochen der ältern Tertiärzeit, die man aber in diesem Falle nicht als die Urheber des Phosphorgehaltes anzusehen haben dürfte. Der berühmte französische Experimentalgeolog Daubrée hat es nämlich wahrscheinlich gemacht, daß die Phosphorite von Quercy als Niederschläge in phosphor- und kalkhaltigen Quellen entstanden sind und der Reichtum an fossilen Tierknochen nur daher rührt, daß viele von den Vertretern der damaligen Fauna, die ja, wie die meisten Säuger, Mineralquellen gern aufgesucht haben dürften, in den Quellen verunglückten und in den Absätzen derselben eingeschlossen wurden.

Den letzten Typus endlich stellen die Phosphoritlagerstätten in Kanada, die bei Logrosan und Truxillo in der spanischen Provinz Estremadura und deren Fortsetzung bei Portalegre in Portugal und Marvao und die zwischen Langesund und Östre-Risör im Süden Norwegens dar. Der Apatit erscheint hier in Gangform im kristallinischen Schiefer. Im südlichen Norwegen sind die Apatitgänge bis zu 1 m mächtig, haben eine kurze Erstreckung, wiederholen sich aber an vielen Punkten. Als Begleiter des Apatits treten in Norwegen Glimmer, Hornblende, Rutil und Titaneisen, in Spanien Quarz und Eisenverbindungen auf.

Die Phosphoritindustrie ist eine Schöpfung der neuern Zeit. Die ersten diesbezüglichen Versuche wurden im Jahre 1848 in England gemacht, und bald darauf entwickelte sich auf diesem Gebiete nicht nur in England, sondern auch in Frankreich und Deutschland eine so rege Thätigkeit, daß gegenwärtig die Erzeugung von Superphosphat als Kunstdünger aus Phosphorit einen wichtigen Zweig der chemischen Großindustrie bildet. Da der Bedarf an Phosphorit in fortwährender Steigerung begriffen ist, so sucht man allenthalben nach neuen Lagerstätten dieses wertvollen Minerales, und so vermehrt sich denn zusehends die Zahl der ausgebeuteten Vorkommnisse. Als sehr wirksames Dungmittel gilt der im wesentlichen aus einer Anhäufung von Vogelexkrementen bestehende Guano. Er hat jedoch ein so junges geologisches Alter, daß er kaum als subfossil und daher besser als animalischer denn als mineralischer Dungstoff zu betrachten ist.

Erden.

Innerhalb dieser Gruppe, welche geologisch und mineralogisch sehr verschiedene Mineralgebilde umfaßt, sind hauptsächlich drei Kategorien zu unterscheiden und zwar Erden, die im Dienste der Keramik stehen, sodann solche, die zu feuerfesten Gegenständen Verwendung finden, und endlich die Farberden. Eine vierte Abteilung, die der Walkerde, ist von untergeordneter Bedeutung.

Kaolinite. Überall, wo feldspatreiche Gesteine, wie Granite, Porphyre, Trachyte, Gneiße 2c., anstehen, bildet sich durch die Verwitterung des Feldspats eine Reihe von thonigerdigen Substanzen, die im wesentlichen aus wasserhaltiger, kieselsaurer Thonerde bestehen und so nahe miteinander verwandt sind, daß man sie als Kaolinite zu einer Mineralgruppe zusammenfassen muß. In den Gesteinsarten, welche durch Verwitterung die Thonsubstanzen hervorbringen, ist der Feldspat stets mit andern Mineralien verbunden, die zum Teile gar nicht verwittern, wie der Quarz, zum Teile sehr schwer zerfallen und bei ihrer endlichen Zersetzung neben Thonen freie Kieselsäure, Kalkcarbonat, Magnesia- und Eisenverbindungen liefern. Infolgedessen erscheinen die Kaolinite häufig durch einzelne unzersetzte Splitter von Quarz oder Glimmer, selbst Feldspat mechanisch verunreinigt und enthalten außerdem die aus dem Zerfalle der nicht feldspatigen Bestandteile frei gewordenen Verbindungen.

Nur selten bleiben die thonigen Zersetzungsprodukte auf der Mutterfelsart liegen, meist erfahren sie eine Abschwemmung durch fließendes Wasser und werden bald in geringerer Entfernung wieder abgelagert, bald werden sie weit von ihrem Ursprungsorte in Landseen oder im Meere niedergelegt und zur Bildung sedimentärer Gesteine verwendet. So verwandt auch die Kaolinite untereinander sind, so kann es demnach bei der ursprünglichen Verschiedenheit ihrer Muttergesteine und Mannigfaltigkeit der Schicksale, denen diese Zersetzungsprodukte durch mehrfache Umlagerungen unterworfen sind, nicht wundernehmen, daß sie im einzelnen eine sehr wechselvolle Zusammensetzung und Beschaffenheit haben.

Unter den vielen Kaoliniten nehmen jene Substanzen die größte wirtschaftliche und technische Bedeutung in Anspruch, die im reinen Zustande aus 47 Kieselsäure, 39,2 Thonerde und 13,7 Wasser nach der Formel $Al_2O_3.2SiO_2+2H_2O$ zusammengesetzt sind. Sie sind es zumeist, welche die Fruchtbarkeit der Ackerkrume bedingen. Es lassen sich unter ihnen hauptsächlich drei Abarten unterscheiden, die Porzellanerde oder Kaolin, der Pfeifenthon oder die Walkerde und der gemeine oder Töpferthon.

Das Kaolin bildet in reinem Zustande eine weiß gefärbte Erde, welche frei ist von kieselsauren Alkalien und Eisenoxyd. Die Bedingungen für seine Bildung werden demnach da gegeben sein, wo bei der Zersetzung der Muttergesteine die genannten Substanzen durch kohlensäure- oder quellsäurehaltiges Wasser ausgelaugt werden und nur die reine kieselsaure Thonerde zurückbleiben kann. Die Porzellanerde erscheint in den Verbreitungsgebieten der kristallinischen Gesteine, der Granite, Trachyte und Porphyre, bald in Form von Lagern, die durch oberflächliche Zusammenschwemmung angehäuft wurden, bald wurde sie in Gängen und Spalten abgesetzt, bald bildet sie einen wesentlichen Bestandteil feldspatreicher Gesteine, indem sie an Stelle des zersetzten Feldspates eintritt. Kaoline der letztern Art sind dann natürlich durch Quarz und Glimmerschüppchen stark verunreinigt. In sedimentäre Formationen übergeführt, erscheint die Porzellanerde zuweilen als Bindemittel von Sandsteinen, geht aber in dieser Form in gewöhnlichen Thon über, so an einzelnen Stellen im Buntsandsteine Deutschlands.

Im durchfeuchteten Zustande ist die Porzellanerde sehr formbar und frittet im Feuer fest zusammen, ohne zu schmelzen. Mit einer schmelzbaren Substanz, z. B. fein pulverisiertem

Feldspate oder Flußspate oder einem Gemenge von Quarz und Gips zusammengebracht, schmilzt sie dagegen zu einer durchscheinenden, harten, glänzenden Masse, dem Porzellane, zusammen.

Viel häufiger als für das Kaolin sind die Bildungsbedingungen für den gemeinen Töpferthon gegeben, welcher ein ungemein verbreitetes, in allen Formationen vorkommendes Gebilde ist. Vom Kaolin unterscheidet er sich, ohne daß scharfe Grenzen möglich wären, durch einen wenigstens 10 Prozent betragenden Gehalt an Eisenoxyd und durch eine wechselnde Beimengung von Kalk und Sand. Die reinern Thone, welche selbst der Rotglühhitze widerstehen, ohne zu schmelzen oder zu erweichen, verwendet man zur Fabrikation von Fayence, Majolika, Steingut, Pfeifenköpfen und feuerfesten Gegenständen. Die weitaus größte Menge der gemeinen Thone ist indessen reich an ungleich verteilten Flußmitteln und gehört zu den schmelzbaren Thonen, die nur zu gewöhnlicher Töpferware und Ziegelsteinen verwendet werden können. Die Lagerstätten nicht nur des Töpferthones, sondern auch des Kaolins sind so zahlreich, daß auf die Erwähnung und Beschreibung einzelner hier nicht eingegangen werden kann.

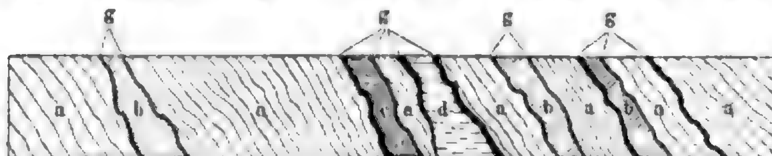
Für feuerfeste Materialien verweist uns das Mineralreich hauptsächlich auf drei Quellen, feuerfeste Thone, Graphit und feuerfeste Steine. Die feuerfesten Thone werden zu aller Art Öfen für Hütten-, Schmelz- und Glühprozesse, Retorten, Tiegel, Röhren, Häfen rc. benutzt. Man rühmt besonders den Thonen der ältern Formationen, wie z. B. dem Thone der Kohlenformation, hohe Feuerfestigkeit nach, doch kommen auch in den jüngern Formationen Thone vor, welche die Eigenschaft der Feuerbeständigkeit in genügendem Maße besitzen. Der Graphit ist ein außerordentlich weicher (Härtegrad 0,5—1), in dünnen Blättchen biegsamer, fettig anzufühlender, abfärbender Körper von eisenschwarzer Farbe und metallisch glänzendem Aussehen. In chemischer Beziehung ist er nichts andres als eine eigentümliche Ausbildungsform des Kohlenstoffes, in geologisch-genetischer Hinsicht dagegen wird er wohl als das Endglied des Kohlenbildungsprozesses anzusehen sein. Erscheinen die flüchtigen Bestandteile der Kohlen (Sauerstoff und Wasserstoff) schon im Anthracit auf einen sehr geringen Prozentsatz herabgedrückt, so sind sie im Graphit völlig geschwunden, welcher demnach neben einer verschieden reichlichen Beimengung von Aschenbestandteilen nur aus Kohlenstoff zusammengesetzt ist. Kennt man Anthracit nur in paläozoischen Formationen, so findet man den Graphit nur im archäischen Gebirge, in kristallinischen und halbkristallinischen Schiefern. Die im Detail nicht genauer gekannten Metamorphosierungsvorgänge, welche Schiefer und Kalke in kristallinischen Zustand versetzt haben, waren es wohl auch, welche, bei dem Verkohlungsprozesse mitwirkend, dem Kohlenstoffe die kristallinische Form des Graphits gegeben haben.

So entstand im Graphit ein Mineralgebilde von ganz andrer physikalischer Beschaffenheit als die übrigen Glieder der Kohlenreihe. Als Brennstoff nicht nur nicht verwendbar, zeichnet sich der Graphit im Gegenteile durch so hohe Feuerbeständigkeit aus, daß er ein vorzügliches Material zur Herstellung von feuerfesten Gegenständen, namentlich Schmelztiegeln, abgibt. Als erdiger, abfärbender Körper eignet er sich vortrefflich als Schreibmaterial, zum Anstriche von eisernen Öfen und Röhren, als Schmiermittel, als Farbstoff für Filzhüte rc.

Die Entdeckung des Graphits und seine Verwendung als Schreibmaterial verdanken wir England, wo zwischen 1540 und 1560 das berühmte Graphitlager von Barrowdale bei Keswick in Cumberland entdeckt und damit auch die Grundlage für die Bleistiftindustrie gegeben wurde. Hier befanden sich ehemals mächtige Lager vorzüglichen Graphits, welche in Phyllit aufsetzen. Der Wert dieses Materiales war früher ein so hoher, daß der Eingang zur Grube in eine förmliche Festung verwandelt wurde, um die Grube vor räuberischen Angriffen zu schützen. Obwohl die Grube einstmals jährlich nur sechs Wochen in

Betrieb stand, soll der Wert des in dieser Zeit gewonnenen Graphits doch jedesmal 30 bis 40,000 Pfund Stering betragen haben. Trotz dieses ökonomischen Verfahrens mußte sich das Lager von Barrowdale durch die Jahrhunderte währende Ausbeutung allmählich so sehr erschöpfen, daß es gegenwärtig für die Industrie völlig belanglos geworden ist.

Auf dem europäischen Kontinente sind Graphitlager nicht selten. Am reichsten erweist sich das böhmische Massiv mit seinen randlichen Partien in Mähren (Krain, Vöttau, Hafnerluden), Niederösterreich (Brunn am Walde, Geras, Deppach, Marbach), Bayern (Passau), Schlesien, Sachsen und im Fichtelgebirge. In Böhmen selbst sind namentlich die Lager von Schwarzbach und Stuben bei Krumau (Budweiser Kreis) von Bedeutung. Alle diese zuweilen nicht unbeträchtlichen Vorkommnisse haben das gemeinsam, daß sie in kristallinischen Schiefern, Gneißen, Glimmerschiefern und dergleichen in Form von regelmäßigen Lagern in verschiedenen bis zu 14 m steigenden Mächtigkeiten auftreten und sehr häufig mit kristallinischen Kalken, zuweilen auch mit Kaolin, vergesellschaftet sind (s. untenstehende Abbildung). Was in der Gegend von Passau als Graphit gewonnen wird, ist eigentlich ein bis in große Tiefen durch und durch verwitterter Gneiß, dessen Glimmer durch reichlichen Graphit ersetzt wird, also ein Graphitgneiß. Ähnliche Graphitgneiße kennt man auch anderwärts, bei keinem ist aber die Graphitbeimengung so stark wie beim Passauer, in welchem die feldspatigen Bestandteile durch den Graphit vollkommen verdeckt werden. Der Passauer Graphit eignet sich in Verbindung mit dem dortigen Kaolin in hervorragender Weise zur Herstellung von Schmelztiegeln, welche in dieser Gegend schon seit mehreren Jahrhunderten erzeugt werden. Schon der bekannte Mineralog Georg Agricola (1490—1555) erwähnt sie in rühmender Weise. Die Beimengung von Graphit, welche die ungebrannten Thongefäße in den ältesten Grabstätten Oberfrankens erkennen lassen, beweist, daß dieser Stoff hier schon in prähistorischer Zeit gewürdigt wurde. Kleinere Graphitlager, wie im böhmisch-bayrischen Massiv, finden sich in den kristallinischen Schiefern der Alpen, in Steiermark, Kärnten und im Departement Oberalpen, im französischen Zentralplateau im Departement Rhône und an andern Orten.



Graphitlager zu Wolmersdorf in Niederösterreich. a Quarzschiefer — b körniger Kalkstein — c Hornblendeschiefer — d Glimmerschiefer — g Graphit.

Von außereuropäischen Lagerstätten sind in erster Linie die sibirischen, ostindischen und nordamerikanischen von Bedeutung. Das berühmte sibirische Graphitlager der Mine Mariinskoi liegt im Tunkisker Gebirge, einem nördöstlichen Zweige des Sajanskischen Gebirges, 50 Meilen westlich von Irkutsk, und wurde daselbst im Jahre 1847 vom Kaufmanne Alibert entdeckt. Das Hauptgraphitlager befindet sich in einer Mächtigkeit von 2 m zwischen Granit und Syenit und nimmt, von kristallinischem Kalke begleitet, gegen die Tiefe an Mächtigkeit und Reinheit zu. Im Winter, wenn der die Abgründe erfüllende und Flüsse überbrückende Schnee den Transport ermöglicht, wird der Graphit aus dem entlegenen, wilden Tunkisker Gebirge über Krasnojarsk und Tomsk nach Nürnberg gebracht, um daselbst in der bekannten Faberschen Fabrik weiter verarbeitet zu werden. Einem durchaus kristallinischen Gebiete entstammt der Graphit der Insel Ceylon, der sich durch blätterige, schuppige Textur und große Reinheit auszeichnet.

Für Nordamerika war einige Zeit lang die Sonora-Mine (Tuolumme County) in Kalifornien von großer Bedeutung, man gewann dort einen Graphit von ziemlich bedeutender Härte und Polierfähigkeit. Gegenwärtig ist die ergiebigste Mine die von Ticonderoga im Staate New York. Außerdem kennt man aber auch in Kanada, Neubraunschweig, Massachusetts, Alabama, Pennsylvanien, Colorado, Neumexiko, ferner in Brasilien, in Bengalen,

Madagaskar, Neuseeland, kurz fast in allen Gebieten, wo die kristallinischen Schiefer zu bedeutenderer Entwickelung gelangen, bald größere, bald kleinere Graphitlager, so daß der heutigen Industrie große Mengen dieses ehedem so seltenen und hochgeschätzten Produktes zur Verfügung stehen.

Als feuerfestes Material verdienen endlich noch die natürlichen feuerfesten Steine Erwähnung. Man wendet sie namentlich da an, wo auf besondere Größe der Steine Wert gelegt wird, wie z. B. als Gestellsteine für Hochöfen. Es können Steine von verschiedener mineralogischer Zusammensetzung diesem Zwecke entsprechen, am häufigsten wählt man massige Quarzsandsteine, deren Vorkommen ein ziemlich verbreitetes ist. Ein feuerfestes Material von geringerer Bedeutung ist der Asbest, die feinfaserige Varietät der Hornblende und des Chrysotils. Die faserige Beschaffenheit dieses Minerals ermöglicht die Verarbeitung desselben zu unverbrennlichen Geweben, deren Verwendung jedoch eine sehr beschränkte ist.

Farberden. Das wichtigste der abfärbenden erdartigen Mineralien wurde bereits besprochen, es ist dies der Graphit. Eine andre schwarze Farbe, das sogenannte Schieferschwarz, bereitet man aus dem Alaunschiefer oder dem kohlehaltigen Schiefer der Silurformation und verwendet es zu Druckerschwärze, Stiefelwichse, Tünchfarben und dergleichen. Durch Mengung von Schieferschwarz oder Schwarzerde mit Graphit erhält man das zum Schwärzen der Eisengußwaren beliebte Pottlot.

Als weißen Schreibstoff benutzt man in ausgedehntester Weise die Schreibkreide von Rügen, von Meudon, von der englischen Küste und andern Gegenden. Die Kreide gehört, wie bekannt, der Senonstufe der obern Kreideformation an und besteht der Hauptsache nach aus einer Anhäufung mikroskopischer Kalkschälchen von Foraminiferen und andern kleinsten Lebewesen. Statt der Schreibkreide wird in geringem Maße wohl auch weißer gemahlener Gips verwendet, und auch der weiß gefärbte reine Baryt dient als Farbstoff, indem er den geringern Sorten von Bleiweiß zugesetzt wird.

Gelbe, braune und rote Farben werden aus Eisenoxydhydraten von erdiger Beschaffenheit, dem Rötel und Eisenocker, hergestellt. Braune, rote und gelbe Farbstoffe liefern ferner die Bole, derbe, fettglänzende, muschelig brechende, braune bis isabellgelbe Mineralien, die im wesentlichen wasserhaltige Silikate von Thonerde und Eisenoxyd darstellen und bald als Zersetzungsprodukt vulkanischer, besonders basaltischer Gesteine, bald als Absätze eisenhaltiger Quellen zu betrachten sind und zuweilen auch auf Erzgängen vorkommen. Die Farbennüancen der Bole sind mannigfaltig, der armenische Bol ist lebhaft rot, der von Sinope dunkelrot, der von Lemnos und der schlesische ist gelbrot, der französische blaßrot, der von Blois blaßgelb, der von Siena gelb. Eine ähnliche Verbindung wie Bol, nur mit einem ziemlich großen Mangangehalt, stellt die Umbra der Insel Cypern dar, welche eine braune Farbe abgibt; die sogenannte kölnische Umbra dagegen wird, wie das Kasseler Braun, aus zimtbrauner Braunkohle erzeugt. Einen gelben Farbstoff gewinnt man ferner aus der Gelberde oder dem Melinit, einer dem Kaolin naheverwandten ockergelben Verbindung. Grüne Farben erhält man aus dem Seladonit oder der Grünerde, welche ein grünes, erdiges Zersetzungsprodukt nach der Hornblende und dem Augit der Eruptivgesteine bildet und unter anderm am Monte Baldo bei Verona und auf der Insel Cypern gewonnen wird. Blaues Ultramarin bereitete man früher durch Pulverisieren von Lasurstein, doch ist diese Fabrikation jetzt nicht mehr in Gebrauch, da das natürliche Ultramarin durch ein schöneres und billigeres Kunstprodukt ersetzt wurde.

Zu chemischen Zwecken verwendete Gesteine und Mineralien.

Wie die metallischen Mineralien, so bilden auch andre nichtmetallische Verbindungen und Gesteine die Grundlage chemischer Großindustrien; während aber die erstern eine genetisch, physikalisch und chemisch zusammengehörige natürliche Gruppe bilden, gehören die in den folgenden Zeilen zu besprechenden Gesteine verschiedenen mineralogischen Gruppen an, und es ist daher ihre Anordnung und Zusammenstellung eine ziemlich willkürliche. Wir beginnen mit dem Kalksteine.

Der Kalkstein gibt gebrannt, als Ätzkalk, eine sehr starke Base und findet in dieser Eigenschaft die weiteste Anwendung, da er überall billig und in unbeschränktem Maße zu beschaffen ist. Um nur einige Beispiele aus den vielen herauszugreifen, sei dessen Verwendung in Stearin-, Soda- und Chlorkalkfabriken, Seifensiedereien, Glashütten, Zuckersiedereien erwähnt. Bei metallurgischen Prozessen wird der Kalkstein als Flußmittel angewendet und bildet namentlich beim Schmelzen der Eisenerze einen nicht unerheblichen Bestandteil der jeweiligen Beschickung der Hochöfen.

Dieselbe Verwendung als Flußmittel findet der Flußspat oder Fluorit (FlCa), der außerdem das einzige Mineral zur Darstellung der Fluorwasserstoffsäure ist. Der Dolomit, der wie der Kalkstein ganze Bergzüge zusammensetzt, wird in chemischen Fabriken zur Erzeugung von Magnesia benutzt, ebenso der viel seltenere, meist nesterweise mit Serpentin zusammen vorkommende Magnesit, der überdies zur Erzeugung künstlicher Mineralwässer zugezogen wird.

Die Mineralien Cölestin oder Strontiumsulfat ($SrSO_4$) und Strontianit oder Strontiumcarbonat ($SrCO_3$) bilden das Rohmaterial für die Darstellung der Strontiumpräparate und dienen in der Feuerwerkerei zur Erzeugung des roten Lichtes. Beide Mineralien erscheinen nur selten in größern Mengen, der Cölestin begleitet bisweilen die Gips- und Schwefellager, der Strontianit kam früher zumeist aus Schottland, wird aber jetzt auch im Münsterschen gewonnen, wo er unregelmäßige Trümmer und Gänge in der Senonkreide bildet. Die Schwererde führenden Mineralien Baryt, Schwerspat oder Barymsulfat ($BaSO_4$) und Witherit oder Barymcarbonat ($BaCO_3$) dienen zur Darstellung der Barympräparate und werden in der Glas- und Zuckerfabrikation verwendet; die Hauptmasse der Produktion der Schwererdemineralien ist freilich dem verwerflichen Zwecke der Verfälschung des Mehles gewidmet.

Die im Mineralreiche am häufigsten vorkommende Substanz, die Kieselsäure, ist zugleich eine der technisch wichtigsten. Sie bildet das hauptsächlichste Rohmaterial für die Email- und Glasfabrikation und wird hierbei teils in der Form von reinem Quarze, teils von Sand, Sandstein oder Kieselgur angewendet. Möglichste Reinheit des Materiales ist bestimmend für den Wert desselben für die Glasfabrikation. Die Kieselgur, deren schon als Poliermittel Erwähnung geschah, spielt außerdem noch eine Rolle bei der Fabrikation von Dynamit, Wasserglas, Ultramarin, als Zusatz zu Seife, Siegellack, Papier und Steinkitt.

Schwefel. Der Schwefel gehört zu den in der Natur allgemein verbreiteten Mineralstoffen. Bald verbindet er sich mit Metallen, bald erscheint er, von Gips, Salz und Bitumen begleitet, in sedimentären Schichten, bald gelangt er durch vulkanische Kräfte oder aufsteigende Quellen zur Oberfläche.

Trotz der so weiten Verbreitung wurde der Schwefel doch lange Zeit fast ausschließlich nur auf den reichen Lagerstätten der Provinzen Girgenti und Caltanisetta in Südwest-Sizilien gewonnen. Am Südfuße des Ätna dehnen sich diese Lager weithin aus, stehen aber keineswegs mit der vulkanischen Natur des letztern in Zusammenhang, wie man zuweilen irrtümlich annimmt, sondern gehören einer sedimentären Bildung, dem Miocän,

an, welches geologisch älter ist als die Eruptivmassen des Ätna. In der Provinz Girgenti sind zahlreiche isolierte Schwefelbecken bekannt, deren Basis stets große Gips- und zuweilen Salzmassen und helle, von Foraminiferen strotzende bituminöse Schiefer bilden. Der Schwefel selbst erscheint in Bändern von 1 cm bis 2, selbst 3 m Dicke in Kalkmergeln eingelagert, welche Fische, Insekten und Pflanzenabdrücke enthalten. Darüber folgen wieder Foraminiferenthone.

Ganz ähnliche geologische Verhältnisse bieten die ungefähr gleichalterigen Schwefellager von Radoboj in Kroatien und Szwoszowice bei Krakau in Galizien dar. Das Lager von Teruel in Aragonien erregt deshalb besonderes Interesse, weil daselbst zahllose kleine Schnecken in dichtem Schwefel eingeschlossen erscheinen. Bemerkenswert ist der Umstand, daß der Schwefel der genannten Lagerstätten häufig stark von Bitumen durchzogen ist.

Über die Entstehungsweise der Schwefellagerstätten von der Art der bisher erwähnten gibt ein Vorkommen Aufschluß, welches sich an der Küste des Roten Meeres, südlich vom Gebel Zeit befindet. Es ist dies nach O. Fraas eine Strandbildung, die aus Gips, Salz und Schwefel besteht. Der letztere durchdringt den schneeweißen Gips und bildet darin auch ganze Lagen und Nester. Nach Fraas bestand hier in altalluvialer, also geologisch genommen nicht sehr weit zurückgelegener Zeit, eine Lagune, aus deren übersättigtem Wasser sich Salz und Gips niedergeschlagen haben. In Fäulnis übergehende Tierreste, welche der Strand des Roten Meeres in so reichlicher Menge beherbergt, veranlaßten die Bildung von Gasen, welche die Zersetzung des Gipses und die Bildung von Schwefelwasserstoff zur Folge hatten. Aus dem letztern aber konnte sich der Schwefel in fester Form abscheiden. Für die Schwefellager Girgentis wurde indessen auch auf die Möglichkeit einer andern Entstehungsweise hingewiesen. Die Kalke, welche daselbst so reiche Schwefelvorräte einschließen, werden von manchen Forschern als eine Süßwasserbildung betrachtet, wo schwefel- und kalkhaltige Quellen einen wechselnden Absatz von Kalkstein und Schwefel bewirkten.

Eine andre Gruppe von Schwefellagerstätten ist an vulkanische Gebiete gebunden. Der Schwefel bildet in Form von Schwefelwasserstoff oder schwefliger Säure eins der häufigsten Exhalationsprodukte vulkanischer Gegenden. Namentlich da, wo die vulkanische Thätigkeit zeitweilig oder dauernd nachgelassen hat, äußert sich der Vulkanismus häufig noch durch fortdauernde Ausströmungen von Schwefelwasserstoff, schwefliger Säure und Borsäure, welche gemengt mit Wasserdampf aus den sogenannten Solfataren hervordringen. Der Mensch läßt sich selbst durch die Nähe der unberechenbaren, tückischen Vulkankräfte nicht abhalten, auch diese Produkte für seine Zwecke nutzbar zu machen, wie dies z. B. auf der Lipareninsel Vulcano geschieht. Die Fumarolen, d. h. die Stellen, an welchen die Dämpfe hervortreten, werden mit lockerer vulkanischer Asche bedeckt, in welcher der Dampf sein wertvolles Material niederlegt. Die auf diese Weise bereicherte Asche wird hernach in einer eignen Fabrik zur Vergütung gebracht. Ähnliche Schwefelexhalationen kennt man bei Puzzuoli unfern von Neapel, auf der griechischen Insel Milo, in Kalifornien, Island und überhaupt in jedem größern Vulkangebiete. Kommen die Schwefelsublimationen auf ihrem Wege zur Erdoberfläche mit einer Quelle in Berührung, so gelangen sie im Quellwasser absorbiert zu Tage.

Bis zum Jahre 1838 beschränkte man sich auf die Ausbeutung des gediegenen und des vulkanischen Schwefels, namentlich waren es die sizilischen Lagerstätten, welche jahrhundertelang den weitaus größten Teil des gesamten Schwefelbedarfs Europas und Amerikas zu decken hatten. In diesem Jahre aber belegte die neapolitanische Regierung unter König Ferdinand II. die Ausfuhr von Schwefel mit einem so hohen Zolle, daß der Preis dieses unentbehrlichen Minerales auf das Dreifache des frühern stieg. Wohl wurde

diese harte Maßregel infolge einer Flottendemonstration Englands und diplomatischer Vermittelung seitens der französischen und piemontesischen Regierung wieder zurückgenommen, aber den zahlreichen Fabrikanten, die so großer Mengen von Schwefel und Schwefelsäure bedurften, drängte sich die Überzeugung auf, wie mißlich es sei, bezüglich eines so hochwichtigen Rohstoffes wie des Schwefels von willkürlichen Launen des Zufalles abhängig zu sein, und nahmen daher die schon vorher namentlich in England begonnenen Versuche wieder auf, Schwefelsäure aus Schwefelkies und geschwefelten Erzen herzustellen. Es geschah dies mit so viel Glück, daß bald darauf die Schwefelsäure fast nur noch aus Kiesen, namentlich dem so häufigen und vorher als wertlos betrachteten Schwefelkiese, gewonnen wurde. Gegenwärtig wird kaum mehr als ein Achtel der gesamten, von der Industrie verbrauchten Schwefelsäuremenge aus gediegenem Schwefel, dagegen sieben Achtel aus Kiesen, namentlich Schwefelkies, und als Nebenprodukt auch aus Kupferkies, Bleiglanz und Zinkblende erzeugt. Die größte Produktion weisen die Länder Spanien, Portugal und Norwegen auf, deren Kieslager schon im vorhergehenden Erwähnung gefunden haben.

Als letzte Gruppe der in der chemischen Großindustrie verwendeten Mineralien bleibt eine Reihe von salzigen Verbindungen zu besprechen übrig, welche in der Natur teils in fertiger Form vorkommen, teils aus geeigneten Rohstoffen fabrikmäßig hergestellt werden. Von den Salzen der Aluminia oder Thonerde ist nur eins, der Kalialaun, eine Doppelverbindung von schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali, in technischer Hinsicht bemerkenswert. Natürlicher Kalialaun wird nur in vulkanischen Gegenden in größerer Menge gewonnen. Er ist ein Produkt der Exhalation. Wo Ausströmungen von schwefliger Säure und Schwefelwasserstoff Laven und Trachyte durchsetzen, kommt es stets zur Bildung von Alaun oder mindestens von Alunit oder Alaunstein, einer Verbindung, die dem reinen Alaun sehr nahe steht. Die Förderung dieses Alauns, der vor dem fabrikmäßig dargestellten stets den Vorzug besonderer Reinheit genießt, geschieht auf dem Wege der Auslaugung. Trotzdem an vielen Punkten, wie in Puzzuoli, Tolfa bei Civitavecchia, Montioni im Herzogtume Piombino, Munkacs, Tokay, Beregszasz in Oberungarn, auf den Inseln Milo, Argentina und Nipoligo im Griechischen Archipel, am Mont d'Or in der Auvergne, in Samsin in Kleinasien, natürlicher Alaun produziert wird, ist doch die auf diese Weise gewonnene Alaunmenge unbedeutend gegen die Quantitäten, welche aus Alaunschiefer, Alaunerde, Kryolith und Beauxit erzeugt werden.

Der Alaunschiefer ist ein dunkler, von Schwefelkies durchzogener, meist auch an Bitumen und kohligen Substanzen reicher Thonschiefer, der in den geologisch alten Formationen, namentlich im Silur und Devon, vorkommt. Die Alaunerde gehört dagegen vorwiegend den jüngern Formationen an und besteht aus erdig-thoniger Braunkohle mit reichlichem Zusatze von Schwefelkies und äußerst fein verteiltem Schwefel. Enthalten schon Alaunschiefer und -Erde nicht mehr alle jene Stoffe, aus denen der Alaun zusammengesetzt ist, so bringen Kryolith und Beauxit von den Alaunbestandteilen nur die Thonerde mit, während die Schwefelsäure und Alkalisalze im Verlaufe des chemischen Prozesses zugefügt werden müssen.

Der Kryolith oder Eisspat ist ein eisähnliches, aus Fluorwasserstoffsäure, Thonerde und Natrium bestehendes Mineral, welches in größerer Menge nur in Ivitût in Südgrönland unter sehr merkwürdigen geologischen Verhältnissen vorkommt. Daselbst setzt eine mächtige Kryolithmasse lagerförmig im Gneiße auf und wird an den Grenzen gegen den letztern von dünnen Lagergängen von Spateisenstein, Quarz, silberhaltigem Bleiglanze begleitet, die selbst wieder von Kryolithgängen durchschwärmt werden. Diese letztern sind reich an merkwürdigen, seltenen Mineralien, wie Kolumbit, Molybdänglanz, Zinnstein und andern, und auch die Grenzpartien des Hauptkryolithlagers sind erzreich und führen Kupfer- und

Eisenkies, Bleiglanz und Blende. In den fünfziger, sechziger und siebziger Jahren wurde der grönländische Kryolith sehr lebhaft abgebaut und in Europa und Nordamerika nicht nur zur Alaunfabrikation, sondern auch zur Bereitung von Natronlauge und Soda und in Salindres in Frankreich auch zur Darstellung des metallischen Aluminiums verwendet. In der Folge wurde er aber durch den Beauxit verdrängt.

Unter dem Namen **Beauxit** faßt man bolusartige Mineralien zusammen, die hauptsächlich aus Thonerde, Eisenoxyd und Wasser bestehen. Man wurde auf den Beauxit zuerst in Beaux unweit Arles in Südfrankreich aufmerksam und hat später ähnliche Mineralien in Belfast und Antrim in Irland, in Kalabrien, Ägina, in Pitten in Niederösterreich und bei Feistritz an der Wocheiner Save in Krain nachgewiesen. Das krainische Vorkommen, der sogenannte Wocheinit, entfernt sich indessen durch seine chemische Zusammensetzung vom echten Beauxit.

Unter den Salzen des Natriums ist in erster Linie das **Natriumcarbonat** oder die **Soda** ($Na_2CO_3+10H_2O$) hervorzuheben. Viele der abflußlosen Landseen, deren bei der Besprechung des Kochsalzes gedacht wurde, enthalten unter andern Salzen auch das Natriumcarbonat, so die Landseen Unterägyptens im abflußlosen Gebiete von Sukena unweit Fezzan, bei Nizam in Ostindien, bei Colcha, östlich von Iquique in Peru, im Great Basin Nevadas &c. Im letztern Gebiete verdienen namentlich zwei Seen hervorgehoben zu werden. Der größere, „Desert Lake“, zeigt eine fast kreisrunde Form und senkrecht abstürzende Ufer. Sein Durchmesser beträgt ungefähr 1 km. Der kleinere, „Soda Lake“, hat ebenfalls steile Ufer und trocknet im Sommer fast gänzlich aus unter Zurücklassung einer glänzenden Salzfläche, die namentlich aus Kochsalz, schwefelsaurem und kohlensaurem Natron besteht. In einigen Gegenden erscheint die Soda in Form dünner Ausblühungen auf der Oberfläche des Bodens, wie in Ungarn im Szekboden.

Seitdem man aber gelernt hat, das im Kochsalze enthaltene Natrium in Natriumcarbonat umzusetzen, und seitdem man auch Natriumsulfat, Kohle, Kryolith und Beauxit zur Sodafabrikation herangezogen hat, hat sich der Verbrauch der natürlichen Soda (Trona) sehr vermindert. Die Hauptmasse der für zahlreiche Manufakturen, wie namentlich die Seifen- und Glasfabrikation und die Färberei, unentbehrlichen Soda wird gegenwärtig aus Kochsalz und den übrigen genannten Rohstoffen erzeugt.

Ebenso wird das **Natriumsulfat** oder Glaubersalz ($Na_2SO_4+10H_2O$) meist als Nebenprodukt andrer chemischer Prozesse gewonnen, obwohl es auch in ziemlich beträchtlicher Menge natürlich vorkommt. Es bildet einen Bestandteil der Salzführung von abflußlosen Landseen, wie in Südrußland und im Great Basin Nevadas, und erscheint in Mineral- und Solquellen. Bei Muchrevan, unweit Tiflis, ist ein 5 Fuß mächtiges Lager von reinem Glaubersalze bekannt, welches von Thon und Mergel bedeckt wird; bei Logroño und Lodosa im Ebrothale wechsellagern mächtige Schichten von Glaubersalz mit Kochsalz. Auch das peruanische Salpetergebiet enthält Natriumsulfat in beträchtlichen Mengen.

Bei keinem Sauerstoffsalze ist das natürliche Vorkommen wichtiger als bei dem **Chili-** oder **Natron-Salpeter**, dem salpetersauren Natron ($NaNO_3$). Der Natronsalpeter ist in Schichten bis zu 1, ja 2 m Mächtigkeit angehäuft, welche sich über große Flächen in der Umgebung von Tarapacá an der Südgrenze Perus ausdehnen. Vom Gestade des Stillen Ozeanes bei Iquique erhebt sich das Land in vier deutlichen Terrassen, die erste ist 100–200 m hoch, ungefähr 5 Meilen breit, erscheint vegetationsfrei und ist bedeckt mit Salz und Sand. Darüber erhebt sich landeinwärts die 5 Meilen breite Pampa del Tamarugal zu einer Höhe von 1000 bis 1200 m und besteht zu oberst aus Salz, Sand und Natronsalpeter. Östlich davon folgen noch zwei weitere Stufen, von denen die letzte unmittelbar an den hohen beschneiten Kamm der Kordilleren anschließt. Die Hauptmasse

des Natronsalpeters beherbergt die Pampa del Tamarugal und zwar namentlich an ihrem Weſtrande und an dem Gehänge, mit welchem sie sich gegen die Küstenterrasse senkt. Besonders auffallend ist das Auftreten des Natronsalpeters am Rande beckenförmiger Vertiefungen, welche das Gepräge von eingetrockneten Seen darbieten und in der Mitte eine Salzschicht aufweisen. Da sich in den Salpeterlagern wie in den unterliegenden Schichten rezente Seemuscheln finden, scheint es sicher, daß das Meer bei der Entstehung des Salpeters in wesentlicher Weise beteiligt war, das Nähere der Bildungsvorgänge dieser merkwürdigen Lagerstätte ist aber noch nicht völlig aufgeklärt. Ochsenius schreibt der Einwehung von stickstoffreichem und phosphatarmem Staubguano von den Inseln und Felsen der Küstengegend her eine wesentliche Rolle bei der Salpeterbildung zu. Welch hohen Wert das Salpetervorkommen für Peru besitzt, erhellt aus der Thatsache, daß dieses Land in der letzten Zeit jährlich an 300,000 Tonnen im Werte von über 80 Millionen Mark zur Ausfuhr gebracht hat.

Auch Kalisalpeter oder salpetersaures Kali fehlt im südamerikanischen Litorale nicht, es kommt aber nur in geringer Menge als Ausblühung in der Nähe ehemaliger Begräbnisstätten vor. Dieselbe oder eine sehr ähnliche Art des Vorkommens kennt man auch in Persien, in der ungarischen Ebene, in Ägypten und Ostindien, wo Kalisalpeter ebenfalls in der Nähe von Grabesstätten oder menschlichen Ansiedelungen als Ausblühung zu Tage tritt. Es verdankt seine Entstehung offenbar der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Materie unter Zutritt der Luft, bei Gegenwart von alkalischen Basen der kohlensauren Salze. Am lebhaftesten wird die Gewinnung in Ostindien und in Ägypten betrieben, wo die Salpeterbildung durch das heiße Klima besonders begünstigt wird. Dort wittert der Salpeter nach der Regenzeit, gemengt mit salpetersaurem Calcium und Magnesium, in reichlicher Menge aus und wird durch Auslaugen und nachheriges Verdunsten gewonnen.

Der Kalisalpeter dient, wie bekannt, hauptsächlich zur Schießpulverbereitung, läßt aber außerdem noch zahlreiche andre Verwendungen zu. Der Natronsalpeter ist dagegen wegen seiner Eigenschaft, die Feuchtigkeit der Luft an sich zu ziehen, zur Schießpulverfabrikation ungeeignet und wird zur Darstellung von Kalisalpeter, Salpetersäure, als Dungmittel ꝛc. verwendet.

Beschränkter ist der Verbrauch der namentlich medizinischen Zwecken dienenden Magnesiasalze, unter denen das Magnesiumsulfat oder Bittersalz (Epsomit, $MgSO_4 + 7H_2O$) die größte Bedeutung besitzt. Das Bittersalz wurde früher namentlich durch Eindampfen der Bitterwässer, wie in Epsom in England, Seidlitz, Saidschitz und Püllna in Böhmen, erzeugt, gegenwärtig stellt man es hauptsächlich aus der Mutterlauge des Meerwassers, der Salzseen und der Salzsolen und aus dem unter den Abraumsalzen von Staßfurt genannten Kieserit dar.

Eine stets steigende Bedeutung und Anwendung in der Industrie gewinnen die borsauren Salze, namentlich der Borax oder Tinkal und die Borsäure. Man benutzt sie beim Löten der Metalle, zur Herstellung von Legierungen, Email, Glasuren, in der Porzellan- und Glasfabrikation, als Ersatz für Seife und dergleichen. Einige Zeit schien das reine kristallisierte Bor wegen seiner an den Diamanten erinnernden Eigenschaften zu großen Hoffnungen zu berechtigen, die aber bisher nicht in entsprechender Weise in Erfüllung gegangen sind. Früher bezog man den Borax, das borsaure Natron ($Na_2B_4O_7 + 10aq$), ausschließlich aus Zentralasien, wo dieses Salz zu Dera Puga im westlichen und am Bul Tso unfern des Tengri Nor im zentralen Tibet als Absatz heißer Quellen vorkommt. Später wurden reiche Borax- und Borsäurevorkommnisse in Toscana und in den pazifischen Ländern Nordamerikas erschlossen. In der toscanischen Maremma waren schon seit langer Zeit zwischen Volterra und Massa in einem wüsten, aus Tertiärgesteinen gebildeten Landstriche Dampfquellen (Soffioni) und brodelnde Sümpfe (Lagoni) bekannt, in welchen im Jahre 1778

von Höfer Borsäure nachgewiesen wurde. Aber erst viele Jahre später gelang es, durch Abdampfen die Borsäure in größern Massen darzustellen. Noch später wurden durch Tiefbohrungen größere Dampfmengen gewonnen, und die jährliche Produktion nahm derart zu, daß sich der früher von Menschen gemiedene Landstrich in eine Quelle von Wohlstand verwandelte und der zentralasiatische und westamerikanische Borax durch den toscanischen auf dem europäischen Markte fast gänzlich verdrängt wurde.

In Kalifornien erfolgte die Entdeckung des Borax im Jahre 1856 gelegentlich einer Analyse des Wassers von Lick Springs, Tehama Co. Noch in demselben Jahre zeigte es sich, daß auch zahlreiche andre Mineralwässer dieser Gegend Borax enthalten, und ebenso wurde im Cleare Lake oder Borax Lake, Lake Co. dieses Mineral sowohl im Wasser gelöst als in Kristallen im Seeschlamme eingeschlossen nachgewiesen. Der Boraxsee wurde längere Zeit ausgebeutet, bis im Seengebiete von Nevada, namentlich in den Salzsümpfen, welche die Namen Teel's Marsh, Rhode's Marsh, Columbus Marsh und Fish Lake Valley (Esmeralda Co.) tragen, noch viel großartigere Anhäufungen von Borax entdeckt wurden. Diese uferlosen Salzsümpfe, die offenbar Residua ehemals großer Binnenseen darstellen, enthalten nur in den tiefstgelegenen Stellen geringe Wassermengen und dehnen sich über Flächen von je 10—20,000 Acre aus. Außerdem befinden sich auch an andern Punkten Nevadas boraxhaltige Ablagerungen, die als Reste völlig abgedampfter Alkaliseen zu betrachten sind, wie bei Sand Springs, östlich von Wadsworth und bei Wadsworth selbst. In der letztern Lokalität erscheint der Borax in Gesellschaft von Kochsalz, Soda und Thenardit (wasserfreies Natriumsulfat). Einen geringen Boraxgehalt ($^1/_2$ Prozent) weist nach Abich auch das Wasser des abflußlosen Urmiahsees in Persien auf.

In Verbindung mit Calcium und Natrium, als Borocalcit und Natroborocalcit, begleitet Bor die Salpeter- und Glauberitlager von Iquique im peruanischen Küstenlande. Dieselben Mineralien zeichnen das Thermalgebiet Hotsprings im nordwestlichen Teile Nevadas aus und kommen auch in Neuschottland und an der Westküste von Afrika vor.

Register.

Sehr häufig wiederkehrende Namen von Ländern, Formationen 2c. werden im Register nicht erwähnt, es wird nur auf die Stelle verwiesen, an welcher dem Gegenstande eine eingehende Besprechung gewidmet ist. Die Namen der **Autoren** sind am **Schlusse** des Verzeichnisses alphabetisch aufgeführt.

Druckfehler-Berichtigungen.

Band I.

Seite VI, Zeile 9 von oben sind die Worte „alle übrigen sind Originale" zu streichen.
„ 36, „ 8 von oben lies: „höchst" statt „hoch".
„ 43, „ 5 von unten lies: „Pygasteriden" statt „Galeritiden".
„ 44, Erklärung der Abbildung lies: „Arietites spiratissimus" statt „Amaltheus margaritatus".
„ 44, Zeile 4 von unten sind die Worte „oben und" zu streichen.
„ 49, „ 9 von unten lies: „Pygasteriden" statt „Galeritiden".
„ 228, „ 17 von oben lies: „Temboro" statt „Tambora".
„ 256, „ 12 von unten lies: „Ruapahu" statt „Ruapahn".
„ 359, „ 14 von unten lies: „Tiefebene" statt „Hochebene".
„ 560, „ 3 von unten lies: „36,5" statt „56,5".
„ 574, Erklärung der Abbildung lies: „Dentalina" statt „Dentelina".
„ 584, Zeile 26 von oben lies: „4200" statt „4000".

Band II.

Seite 50 und 51, Erklärung der Abbildung lies: „Hinde" statt „Hindt".
„ 54, Zeile 4 von unten sind die Worte „obenstehende ... und die" zu streichen.
„ 66, „ 6 von unten lies: „folgenden" statt „vorhergehenden".
„ 72, „ 7 von unten lies: „rechts" statt „links".
„ 93, „ 6 von oben lies: „mira" statt „mina".
„ 95, „ 2 von unten. Durch die neuern Untersuchungen von Novak ist erwiesen, daß Aristozoë kein Ostrakode ist.
„ 108, „ 11 und 16 von unten lies: „Öland" statt „Ösel".
„ 137, „ 14 von oben lies: „Uncites" statt „Umites".
„ 141, Tabelle, oberste Reihe rechts ist „Nordamerika" zu setzen.
„ 217, Zeile 11 von unten. In letzter Zeit sind Reste von Sigillarien im Buntsandsteine Westfalens gefunden worden.
„ 256, „ 21 von oben lies: „Münster" statt „Munster".
„ 325, Zeile 4 von oben lies: „Der unterste Lias" statt „Der Lias".
„ 352, Erklärung der Abbildung lies: „Cripsi" statt „concentricus".
„ 388, Zeile 20 von unten soll lauten: „(Ame-)rika und bis an die Ufer des Eismeeres fort".
„ 392, „ 13 von oben. Vor „Den Pflanzenschichten" ist einzuschalten: „Eine Zone von Kreidegesteinen streicht aus der Gegend der Rocky Mountains bis an das Polarmeer."
„ 582, „ 4 von oben lies: „Paludina" statt „Paludiana".
„ 626, „ 18 von unten: „Im Altai sind in neuester Zeit bedeutende Gletscherspuren gefunden worden."
„ 773, Erklärung der Abbildung lies: „Savageschacht und Sutroschacht" statt „Savageschicht und Sutroschicht".

Druck vom Bibliographischen Institut in Leipzig.
(Holzfreies Papier.)

Digitized by Google

Digitized by Google